

UNIVERSITÉ DE CLERMONT

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

Année 1970

N 1

THÈSE

pour le

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'Etat)

par

RIGAL Danielle née VERNEIL

Interne des Hôpitaux

née le 24 Août 1941 - Rosiers d'Egletons - 19.

Présentée et soutenue publiquement le 7 Janvier 1970.

POTENTIELS EVOQUES VISUELS

CHEZ L'ENFANT NORMAL

ET DANS

LES TROUBLES DE LA FONCTION VISUELLE

Président du Jury : M. ROUHER, Professeur

Membres du Jury : M. WILLEMIN-CLOG, Professeur Honoraire,
M. STRAUB, Professeur,
M. ALFIERI, Professeur,
M. RAYNAUD, Maître de Conférences Agrégé.

CLERMONT - REPRODUCTION

64, avenue Jean Noellet

63 - AUBIERE (1970)



Digitized by the Internet Archive
in 2026

UNIVERSITÉ DE CLERMONT

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

Année 1970

N

THÈSE

pour le

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'Etat)

par

RIGAL Danielle née VERNEIL

Interne des Hôpitaux

née le 24 Août 1941 - Rosiers d'Egletons - 19.

Présentée et soutenue publiquement le 7 Janvier 1970.

POTENTIELS EVOQUES VISUELS

CHEZ L'ENFANT NORMAL

ET DANS

LES TROUBLES DE LA FONCTION VISUELLE

Président du Jury : M. ROUHER, Professeur

Membres du Jury : M. WILLEMIN-CLOG , Professeur Honoraire,
M. STRAUB, Professeur,
M. ALFIERI, Professeur,
M. RAYNAUD, Maître de Conférences Agrégé.

CLERMONT - REPRODUCTION

64, avenue Jean Noellet

63 - AUBIERE (1970)

UNIVERSITE
de
CLERMONT

FACULTE MIXTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE

Doyen : G. MEYNIEL,
Assesseur : M. COULET

Doyen Honoraire : M. CUVELIER Directeur Honoraire : M. MERLE.

Professeurs Honoraires : Mme BLANQUET, MM. BUREAU,
M. POMME - M. WILLEMIN-CLOG

I - Professeurs Titulaires

MM. BARRIER	- Clinique Chirurgicale A
BASTIDE	- Chimie biologique et Pharmacodynamie
BAUDON	- Clinique Obstétricale
BERGER	- Chimie Analytique
BERGERON	- Pathologie Médicale
COULET	- Botanique et Microbiologie
CUVELIER	- Hydrologie et Climatologie
DASTUGUE	- Biochimie Médicale
DAUPHIN	- Chimie Pharmaceutique et Toxicologie
DELAGE	- Anatomie Pathologique
FEBVRE	- Pharmacie Galénique
GERMAIN	- Clinique Chirurgicale B
GRAS	- Clinique Médicale A
JACQUEMET	- Technique Chirurgicale
JALLUT	- Séméiologie Médicale
LATAIX	- Pathologie chirurgicale
MERCIER	- Anatomie
MEYNIEL	- Biophysique médicale
MOLINA	- Clinique Pneumo-phtisiologique
PETIT	- Médecine Légale et Médecine Sociale
POROT	- Clinique neurologique et psychiatrique
POURRAT	- Matière Médicale
Mele RAMPON	- Thérapeutique
MM. ROUHER	- Clinique ophtalmologique
TERRASSE	- Clinique médicale B
THIEBLOT	- Physiologie
THOMAS	- Clinique Oto-Rhino-Laryngologique
TRONCHE	- Pharmacie Chimique
TURCHINI	- Histologie et Embryologie
VAURS	- Bactériologie et Hygiène

II - Professeurs Titulaires à titre personnel

M. ALFIERI	- Biophysique Médicale
M. CHAMPEIX	- Médecine Légale et Médecine du Travail
M. VIALLET	- Electro-Radiologie

III - Professeurs sans Chaire.

Mlle CHATONIER	- Chimie minérale et Minéralogie
M. CLUZEL	- Bactériologie
M. DUCHENE-MARULLAZ	- Physiologie
Mme GAILLARD	- Physique pharmaceutique
M. MENUT	- Pédiatrie et Puériculture
M. PIGNIDE	- Médecine générale

IV - Maîtres de Conférences Agrégés.

MM. ANDRAUD	- Toxicologie
COUQUELET	- Pharmacie chimique
Mme MOINADE	- Médecine générale et Thérapeutique.
PETIT	- Chimie analytique
POURRAT	- Matière médicale
MM. RAYNAUD	- Pédiatrie
VENRIES DE LAGUILLAUMIE	- Anatomie Pathologique.

V - Agrégés

MM. FOURRIER	- Orthopédie
HOUDARD	- Chirurgie générale
JANNY	- Neuro-chirurgie
RENARD	- Pneumo-ptisiologie
TOURNILHAC	Neurologie et psychiatrie

VI - Délégués dans les fonctions de Maître de Conférences.

MM BOUCHER	- Physiologie
GENTOU	- Biochimie médicale
MALET	- Histologie et embryologie
MARCHEIX	- Médecine générale et Thérapeutique
PLAGNE	- Cancérologie

Attaché Principal	: M. BERTHON
Conservateur de la Bibliothèque	: M. ARCHIMBAUD

La Faculté décide que les opinions émises dans les travaux et mémoires présentés à l'occasion d'une soutenance de thèse de Doctorat en Médecine ou en Pharmacie doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner, ni approbation ni improbation. (Délibération en date du 6 Juin 1956).

AVANT-PROPOS

Le recueil des Potentiels Evoqués Visuels (P.E.V.) est actuellement possible, grâce aux techniques de sommation. Aussi avons-nous tenté chez l'enfant normal et dans les troubles de la fonction visuelle de dégager l'apport de l'électrophysiologie aux disciplines cliniques que sont la pédiatrie et l'ophtalmologie. C'est dire que ce travail est celui d'une équipe et associe la clinique Médicale Ophtalmologique, le laboratoire de Biophysique Médicale et la clinique Médicale Infantile.

Notre Président de Thèse, Monsieur le Professeur ROUHER en a inspiré le sujet ; il nous a accueillie avec une grande bienveillance dans son service mettant à notre disposition une partie des observations cliniques et les possibilités matérielles nécessaires à sa réalisation. Il a orienté nos recherches ophtalmologiques et grâce à lui, ce travail à vocation primitivement pédiatrique est venu s'intégrer dans les recherches poursuivies par l'Ecole Clermontoise dans l'exploration électrophysiologique des voies optiques.

Monsieur le Professeur STRAUB nous fait l'honneur de juger notre exposé. La valeur de ses travaux en fait un des grands maîtres et un pionnier de l'électrophysiologie ; son rapport en 1961 « Das Elektroretinogram » représente un monument de connaissances cliniques et n'a encore subi aucun outrage du temps. Sa présence aujourd'hui dans notre jury est non seulement un grand honneur pour nous tous, mais encore une preuve de l'amitié réciproque qui unit les écoles de Marburg et de Clermont-Ferrand.

Monsieur le Professeur ALFIERI a guidé, avec une bienveillance constante et un souci permanent de la perfection, l'élaboration de ce travail. Il nous a apporté la rigueur de son sens critique, ses parfaites connaissances dans le domaine de l'électrophysiologie, la précision et la clarté de sa pensée. Qu'il soit assuré de notre profonde gratitude.

Nous avons effectué cette étude des P.E.V. de l'enfant durant les années d'internat passées dans les services de Clinique Médicale Infantile de Monsieur le Professeur WILLEMIN-CLOG. A la suite de nombreuses générations de pédiatres et d'internes, nous avons pu bénéficier de la perfection de son enseignement, de son immense expérience et de sa profonde humanité. Qu'il veuille bien trouver ici le témoignage de notre respectueuse admiration et de notre très sincère attachement.

Dans l'équipe qu'il a su réaliser, nous avons particulièrement apprécié l'enthousiasme de Monsieur le Professeur Agrégé RAYNAUD. La précision de son enseignement, la vivacité de son esprit ont été déterminants dans l'acquisition des connaissances de notre spécialité.

Monsieur le Professeur MENUT a toujours fait preuve à notre égard d'une grande compréhension ; son sens de l'humain et la richesse de son savoir nous ont été précieux.

Nous avons eu la chance de passer notre première année d'internat dans le service de Monsieur le Professeur TERRASSE dont nous avons admiré l'étendue des connaissances et de la culture. Madame le Professeur Agrégé MOINADE nous a marquée par ses qualités de travail et la rigueur de son sens clinique.

Monsieur le Docteur SOLE a très largement contribué à cette étude des P.E.V. de l'enfant ; il nous a donné, avec une patience sans égale et une compétence parfaite, les éléments indispensables d'ophtalmologie et d'électrophysiologie. Nous le prions de croire à toute notre reconnaissance.

Nous tenons à remercier particulièrement Monsieur ROUAISNEL qui a eu la lourde tâche d'effectuer l'enregistrement de tous les tracés et Mademoiselle GARDES qui a assuré la présentation de notre iconographie.

Les Laboratoires CHIBRET enfin ont mis à notre disposition le centre de biophysique oculaire et la grande compétence de Monsieur DANN ainsi que les ressources du service de documentation bibliographique où nous avons abusé de la gentillesse de Madame ERCOLANI.

INTRODUCTION

Les cécités du jeune enfant posent souvent de difficiles problèmes diagnostiques et pronostiques à l'ophtalmologiste et au pédiâtre. En effet, s'ils disposent, pour apprécier l'état de la fonction visuelle, d'un certain nombre de méthodes, celles-ci apparaissent en fait de valeur inégale et souvent insuffisantes. Il en est ainsi :

- 1° - Des épreuves globales d'appréciation du développement psycho-moteur dans lesquelles la participation de la vision est certes primordiale, mais ces épreuves sont empiriques, soumises à l'appréciation subjective de l'examineur et surtout mettent en jeu tout le développement psycho-moteur de l'enfant. Qu'intervienne une atteinte sensorielle autre (auditive par exemple), une atteinte motrice ou psychique isolée, toutes les épreuves seront alors perturbées et ne permettront plus l'étude valable de la fonction visuelle.
- 2° - De la recherche du réflexe photomoteur dont l'abolition reconnaît pour origine, soit des causes iriennes, soit une interruption de l'arc réflexe.
- 3° - De l'examen ophtalmoscopique: il réalise une méthode objective souvent révélatrice de l'affection responsable de la cécité ou de la baisse d'acuité visuelle mais apparaît parfois d'interprétation difficile ou de réalisation impossible dans les opacités des milieux transparents de l'oeil par exemple.
- 4° - De l'étude du champ visuel et de la vision chromatique : ces deux examens demandent la coopération de l'enfant et ne sont donc pas réalisables au cours des premières années de la vie.

L'électrophysiologie a déjà mis à notre disposition l'électro-rétinogramme dont l'intérêt dans les affections rétinienne de l'enfant est actuellement bien connu. Grâce aux techniques de sommation, elle permet maintenant l'étude des potentiels évoqués visuels. Aucune étude systématique des potentiels évoqués visuels chez l'enfant n'a été effectuée jusqu'alors.

Malgré une réalisation plus délicate que chez l'adulte, la méthode des potentiels évoqués visuels nous est apparue du plus haut intérêt en pédiatrie dans la mesure où elle réalise une méthode objective, applicable dès les premières heures de la vie, et capable d'étudier les voies visuelles dans leur ensemble de la rétine jusqu'au cortex visuel.

Notre étude se scinde en deux parties :

- La première partie est consacrée à l'étude des potentiels évoqués visuels chez l'enfant normal.

Il existe en effet, au cours de la première année de la vie, des processus de maturation complexes indispensables à connaître pour l'interprétation des tracés. Il nous a donc paru utile avant d'aborder l'évolution des P.E.V. de rappeler les principales étapes du développement embryologique de l'appareil visuel ainsi que les étapes successives du développement fonctionnel de la vision. Par une revue bibliographique, nous avons tenté de retrouver cette double maturation anatomique et fonctionnelle au niveau de l'E.R.G. et de l'E.E.G. et des P.E.V. Nous avons exposé ensuite notre technique de recueil des P.E.V. basée sur l'existence d'une homologie topographique rétino-corticale et sur la possibilité de discrimination à l'aide de filtres interférentiels rouge et bleu des composantes photopiques et à prédominance scotopiques.

Nous avons enfin rapporté nos résultats et leur essai d'interprétation à partir de l'étude de 32 nourrissons.

- la deuxième partie est consacrée à l'étude des potentiels évoqués visuels dans les troubles de la fonction visuelle.

Nous avons ainsi tenté de dégager l'intérêt des potentiels évoqués visuels :

- dans les atteintes de l'étage prérétinien.
 - dans les atteintes de l'étage rétinien.
 - dans les atteintes du nerf optique.
 - dans les atteintes cérébrales.
-

PLAN

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE : POTENTIELS EVOQUES VISUELS CHEZ L'ENFANT NORMAL

CHAPITRE I - MATURATIONS

- I - Maturation anatomique
- II - Maturation psychophysiologique
- III - Maturation électrophysiologique
 - A - Electrorétinogramme
 - B - Electroencéphalogramme
 - C - Potentiel évoqué visuel.

CHAPITRE II - METHODES

- I - Méthode commune à l'adulte et à l'enfant
- II - Conditions d'enregistrement particulières à l'enfant

CHAPITRE III - RESULTATS

- I - En photostimulation blanche
- II - En photostimulation monochromatique

CHAPITRE IV - INTERPRETATION

- I - Divergences techniques
- II - Divergences conceptuelles

DEUXIEME PARTIE - POTENTIELS EVOQUES VISUELS DANS LES
TROUBLES DE LA FONCTION VISUELLE EN PEDIATRIE.

CHAPITRE I - POTENTIELS EVOQUES VISUELS DANS LES
ATTEINTES DE L'ETAGE PRERETINIEN

I - Résultats

- A - Atteintes isolées des milieux réfringents .
- B - Atteintes des milieux réfringents associés.

II - Discussion et conclusions

CHAPITRE II - POTENTIELS EVOQUES VISUELS DANS LES
ATTEINTES DE L'ETAGE RETINIEN

I - Résultats

- A - Atteintes maculaires .
- B - Atteintes périphériques .
- C - Atteintes mixtes.

II - Discussion et conclusions

CHAPITRE III - POTENTIELS EVOQUES VISUELS DANS LES
ATTEINTES DU NERF OPTIQUE

I - Résultats

- A - Atteintes extrinsèques du nerf optique.
- B - Atteintes intrinsèques du nerf optique.

II - Discussion et conclusions

CHAPITRE IV - POTENTIELS EVOQUES VISUELS DANS LES
ATTEINTES CEREBRALES

I - Résultats

- A - Atteintes cérébrales aiguës .
- B - Retards psychomoteurs.

II - Discussion et conclusions

CONCLUSIONS

BIBLIOGRAPHIE.

PREMIERE PARTIE

POTENTIELS EVOQUES VISUELS CHEZ L'ENFANT NORMAL

CHAPITRE I

MATURATIONS

« La vision est un acte complexe déterminé par des stimulations sensorielles qui, interceptées par le globe oculaire, arrivent à l'appareil de réception rétinien ; celui-ci par l'intermédiaire des voies optiques, les transmet aux centres optiques primaires d'où elles rejoignent finalement la zone visuelle de l'écorce cérébrale. La vision, toutefois n'est pas seulement une perception, même complexe, sous la dépendance de plusieurs systèmes afférents et efférents. Elle implique, dans l'interprétation, une maturité que les organismes supérieurs atteignent à travers des expériences sensorielles répétées et au moyen d'acquisitions quantitatives et qualitatives, d'analyses et de synthèse » ESENTE (111).

Il apparaît ainsi que tout acte visuel nécessite :

- non seulement une maturité anatomique suffisante de l'appareil visuel dans son ensemble : récepteurs rétiniens, voies de transmission, zones réceptrices corticales ,
- mais également une véritable maturité psychophysiologique.

Parallèlement, une maturation électrophysiologique va venir témoigner de cette élaboration anatomique et fonctionnelle et pourra être appréciée à divers niveaux :

- rétinien par l'électrorétinographie .
- cérébral par le recueil au niveau du cortex occipital du P.E.V. extrait de l'activité cérébrale spontanée (enregistrée par l'électroencéphalogra-

phie) , ces P.E.V. vont traduire la propagation des informations lumineuses depuis la cellule ganglionnaire rétinienne (ou cellule multipolaire) jusqu'au cortex visuel (aires 17 - 18 - 19).

I - MATURATION ANATOMIQUE

Les différents auteurs s'étant intéressés au problème de la maturation des P.E.V. ont fait appel à l'expérimentation animale et ont cherché à établir quelle pouvait être la corrélation entre le niveau structural du cerveau et leurs résultats électrophysiologiques.

Il nous paraît donc indispensable de reprendre :

- 1° - Les travaux effectués chez l'animal en essayant de dégager les phénomènes anatomiques ou histologiques qui semblent intervenir dans les modifications du P.E.V.
- 2° - Les principales étapes de la croissance et de la maturation de la rétine, du nerf optique, du cortex cérébral in utero et après la naissance et qui seraient susceptibles d'expliquer les variations du P.E.V. en fonction de l'âge chez le nourrisson.

Rappelons toutefois l'extrême difficulté d'extrapoler des résultats d'une espèce animale à une autre et à fortiori de l'animal à l'homme.

A - RESULTATS CHEZ L'ANIMAL.

HUNT et GOLDRING (148) en 1951 ont établi la maturation du P.E.V. chez le lapin.

ELLINGSON (108) en 1960 s'intéresse simultanément aux réponses corticales auditives et visuelles du chat.

PURPURA et coll. (233) à la même date, par une étude chez le chat nouveau-né, établissent une corrélation entre le développement anatomique et histologique de l'écorce cérébrale d'une part, et les aspects de l'activité électrique d'autre part. Ils évoquent alors le rôle possible de la prolifération des dendrites basilaires de la couche des cellules pyramidales du cortex dans la maturation des réponses électriques.

MARTY et SCHERRER (200) travaillent chez le lapin et le chat dont ils étudient trois types de réponses : somesthésiques, auditives et visuelles.

Ils soulignent :

- 1° - « L'antériorité fonctionnelle de la somesthésie sur l'audition et la vision », ces deux systèmes mettant en jeu des récepteurs plus complexes.
- 2° - Le rôle de la myélinisation des systèmes afférents corticaux qui, avec l'augmentation du diamètre des fibres, constitue le substratum histologique de la diminution de latence des divers accidents obtenus.
- 3° - L'importance du développement dendritique basilaire des cellules pyramidales qui en accroît la surface réceptrice dans des proportions considérables. Ils reprennent à ce propos les mesures effectuées chez le lapin par SHADÉ et BAXTER sur la surface neuronale : 95 % seraient représentés par les dendrites (basilaires et apical), 70 % par les seuls dendrites basilaires, ceci à l'état adulte.

MARTY et CHEVREAU (197 - 198) pensent que «l'apparition du signe électrique définitif des réponses corticales coïncide avec l'épanouissement du champ dendritique basilaire des neurones pyramidaux et se situe aux environs de la date à laquelle la surface dendritique basilaire pourrait représenter 50 % de la surface totale ».

FOX en 1968 (121), par une expérimentation portant sur trois chiens adultes et vingt chiots, a pu obtenir des réponses relativement matures dès l'âge de quatre ou cinq semaines. Parallèlement, ses études histologiques lui ont permis de constater que le cortex visuel du jeune chien avait une structure d'adulte vers l'âge de cinq semaines, les seules modifications ultérieures résidant dans l'épaississement et l'allongement des dendrites, la croissance neuronale étant achevée.

GOSWAMY, BONAVENTURE et KARLI (130) obtiennent des résultats similaires à ceux de HUNT et GOLDRING d'une part, et à ceux de MARTY et SCHERRER d'autre part.

B - RAPPEL D'EMBRYOLOGIE et D'HISTOGENESE HUMAINE .

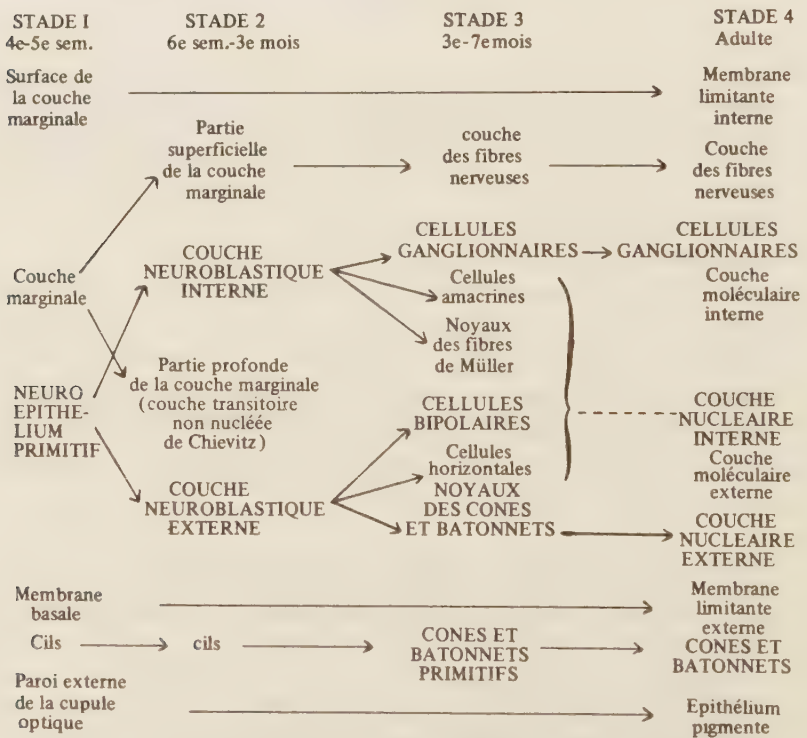
Les travaux sont nombreux tant en ce qui concerne l'embryologie de l'appareil visuel que l'histogenèse et la cytoarchitecture du

cortex visuel. Enfin, il semble que depuis une dizaine d'années l'intérêt se porte sur l'étude des processus enzymatiques au niveau de la cellule neuronale et des diverses synapses.

1° - Rappel du développement embryologique de la rétine .

La dualité anatomique et fonctionnelle de la rétine se retrouve dans l'étude embryologique de celle-ci avec deux parties distinctes : périphérique et fovéale.

Il est évidemment arbitraire d'envisager ce développement en phases successives codifiées. L'évolution de la rétine périphérique se fait progressivement selon un schéma bien établi (nous reprenons à ce propos le tableau classique d'Ida MANN (195) reproduit d'ailleurs par plusieurs auteurs).



Le développement de la fovéa subit un retard de différenciation du troisième au septième mois de la vie intra-utérine et, au contraire, une phase de différenciation intense du huitième mois de la vie foetale au quatrième mois après la naissance.

Ce retard de différenciation maculaire nous semble un élément capital à retenir dans l'interprétation de nos réponses évoquées occipitales en lumière monochromatique.

2° - Rappel du développement embryologique des voies optiques.

Sur le plan embryologique, trois parties sont à considérer lorsqu'on aborde l'étude du nerf optique :

- Les fibres nerveuses proprement dites de provenance rétinienne puisque leur origine se situe dans la couche des ganglions optiques (cellules multipolaires).
- Le tissu de soutien du nerf optique dérivant des cellules primitives du pédicule optique.
- Les gaines du nerf d'origine mésodermique.

Nous ne reprendrons pas de façon détaillée cette évolution. Pour fixer les idées nous avons essayé, à l'aide d'un tableau, d'établir un parallèle entre le développement de la voie optique et des principales formations nerveuses. (cf. pages 15 à 20).

Il apparaît ainsi qu'au troisième mois de la vie foetale la voie optique est nettement individualisée avec présence du chiasma optique et des bandelettes optiques. En effet, dès la cinquième semaine, les fibres optiques vont sortir de la couche des ganglions optiques de la rétine, pénétrer dans les cellules primitives du pédicule optique qui se vacuolisent et, par leur décussation à la dixième semaine, former le chiasma optique. Cette fibrillogenèse s'est effectuée de façon centripète.

Du troisième au septième mois de la vie intra-utérine, la vascularisation du N.O. s'organise parallèlement à son architecture avec différenciation des gaines, du tissu de soutien du nerf et des cloisons interfasciculaires.

A partir de la trentième semaine (six mois et demi), débute la myélinisation des fibres optiques et ce processus s'effectue de façon centrifuge. Elle atteint rapidement le chiasma (trentième semaine) et la lame criblée alors bien développée aux environs du terme. Cette myélinisation représente un stade primordial du développement car elle est le substratum du gain de vitesse de la conduction constaté au cours de la maturation de la réponse occipitale évoquée.

La fibre est fonctionnelle avant toute myélinisation. L'apparition du réflexe photomoteur mis en évidence au sixième mois de la vie intra - utérine (MAGITOT, [193]) avant toute myélinisation le prouve.

C'est dans la diminution de la latence des accidents obtenus qu'intervient la myélinisation (conduction saltatoire).

3° - Histogenèse du cortex visuel.

Cette étude est complexe, particulièrement chez l'homme. Néanmoins, depuis la fin du XIXe siècle, grâce aux remarquables travaux de VOGT (278) en 1900 et de FLECHSIG (117) en 1920 sur la myélinisation du système nerveux des notions fondamentales sont acquises.

ECONOMO et KOSKINAS (103) en 1925, s'intéressent spécialement au développement cytoarchitectonique du cerveau.

CONEL (62 - 63 - 64 - 65 - 66 - 67) publie un travail monumental sur le développement post-natal du cerveau et étudie les modifications structurales jusqu'à l'âge de deux ans au niveau de huit aires sélectionnées dont l'aire striée. C'est à lui que nous devons tous les détails concernant l'épaisseur, la densité cellulaire, la croissance dendritique de chaque couche corticale et ceci pour chaque type de cortex :

- l'allocortex, en régression chez l'homme (représenté par le lobe limbique et la circonvolution de l'hippocampe).
- l'isocortex dont l'aire visuelle.

BAILEY et BONIN (18) ont bien étudié l'isocortex.

Une série de travaux (115 - 248) dont ceux de SARKISOV, ont été publiés par l'Institut de Recherches sur le cerveau (Moscou).

Enfin, YAKOVLEV (293) a essayé dans le cadre du retard mental de reprendre les notions acquises jusqu'alors et de dégager ce qui semble représenter pour lui les critères morphologiques de croissance et de maturation du système nerveux chez l'homme.

Nous ne reprendrons pas en détail l'étude embryologique de l'encéphale ; nous nous sommes bornés à indiquer sur un tableau les principales étapes de son développement avec la date d'apparition des diverses formations pour nous attarder un peu plus longuement à l'histogenèse du cortex visuel. (cf. pages 15 à 20).

a) Différenciation cellulaire :

Les premiers stades de différenciation corticale débutent au niveau de l'aire pariétale pour atteindre le lobe occipital aux environs de la

vingt huitième semaine. Cette précession histologique est un des éléments permettant d'expliquer « l'antériorité fonctionnelle de la somesthésie sur l'audition et la vision », selon l'expression de MARTY (200). La stratification se fait de façon progressive jusqu'à la trente sixième semaine à partir des cellules du manteau pour aboutir à l'aspect histologique habituel du cortex avec six couches cellulaires bien différenciées de la superficie vers la profondeur :

- couche moléculaire	I
- couche granulaire externe	II
- couche pyramidale externe	III
- couche granulaire interne	IV
- couche pyramidale interne	V
- couche des cellules fusiformes	VI

Il faut d'ores et déjà rappeler que si ces diverses couches sont présentes au niveau de tout l'isocortex et si elles sont représentées de la même façon au niveau des zones d'association, il n'en est pas de même au niveau de l'aire visuelle où existe une prédominance des couches II et IV c'est-à-dire des couches réceptrices qui font de l'aire 17 un cortex granulaire sensoriel ou koniocortex, les axones du corps genouillé latéral faisant synapse avec les cellules de la couche granulaire.

Au niveau des aires motrices, la prépondérance revient aux cellules pyramidales des couches III et V dont le rôle est effecteur.

Sur le plan évolutif, il faut d'ailleurs remarquer la différenciation précoce des IIIe, Ve et VIe couches au septième mois, plus tardive des IIe et IVe couches au huitième mois.

b) Myélinisation :

A côté de l'organisation cellulaire proprement dite, le deuxième point important à considérer est représenté par la myélinisation. Intéressant d'abord le système nerveux périphérique avec, dans un premier temps, la chaîne sympathique para-vertébrale et les plexus viscéraux, elle va s'étendre au système nerveux central.

FLECHSIG (117) a subdivisé la surface corticale en quarante cinq champs numérotés selon la date de leur myélinisation:

- les champs compris entre un et seize dont fait partie l'aire visuelle (n° 8) sont myélinisés avant terme.
- les champs de onze à vingt se myélinisent durant les six premiers mois.
- les champs de trente-six à quarante cinq après le quatrième mois.

FLECHSIG a établi ainsi une véritable chronologie dans la myélinisation du S.N. central et il apparaît dans cette étude que les zones sensorielles primaires sont myélinisées avant les zones d'association.

c) Evolution après la naissance :

A terme, nous nous trouvons donc en présence d'une aire visuelle myélinisée et bien différenciée sur le plan histologique. Cependant, les modifications vont se poursuivre pendant la période postnatale et c'est à CONEL (62 - 63 - 64 - 65 - 66 - 67) que nous devons nos connaissances à ce sujet.

Pour lui, l'épaisseur et la densité cellulaire du cortex sont deux paramètres capitaux de la maturation cérébrale. KAES (160) avait déjà montré qu'une couche de cellules corticales est d'autant plus différenciée qu'elle est plus fine et que le cortex de l'hémisphère gauche, hémisphère le plus souvent dominant, a une épaisseur moindre. Nous ne reprendrons pas en détail les résultats de CONEL mais il a pu chiffrer les variations d'épaisseur des diverses couches du cortex au cours des mois suivant la naissance.

Un troisième paramètre réside dans les modifications du neuropile cortical. CONEL a prouvé à l'aide de préparation Golgi-cox l'enrichissement progressif des plexus dendritiques alors que l'augmentation de taille des cellules est minime et qu'il n'y a pas d'augmentation dans le nombre des cellules neuronales. Cet enrichissement peut être suivi mois par mois et ceci jusqu'à l'âge de deux ans sur les reproductions de coupes de cet auteur.

Neuf critères de croissance du cerveau ont été retenus par CONEL :

- épaisseur du cortex et de chaque couche .
- nombre de cellules nerveuses .
- taille des neurones .
- état de la substance chromophile avec l'aspect définitif des corps de Nissl.
- aspect des neurofibrilles .
- taille, densité et longueur des processus dendritiques .
- taille et nombre des fibres exogènes ,
- stade de myélinisation.

1 et 2ème semaine	3ème semaine (E = 1,5 à 4,5 mm.)			4ème semaine (E = 4,5 à 7,5 mm.)	
	17e - 18e J.	19e J.	20e - 21e J.	22e - 24e J.	26 - 27 - 28e J.
SYSTÈME NERVEUX	Ebauche primitive de l'ensemble du système nerveux ou neuroblaste. Différenciation de la plaque neurale. Apparition des crêtes ganglionnaires origine de 2 types de neuroblastes: cellules bipolaires (futures cellules ganglionnaires rachidiennes). cellules multipolaires (futures cellules ganglionnaires).	Stade de gouttière neurale par évagination de la plaque	Stade du tube neural par rapprochement des berges de la gouttière : - 1 lumière centrale - 1 paroi subdivisée en 3 couches : - couche épéndymaire = ébauche de substance grise. - manteau - couche marginale : future substance blanche.	Formation de 3 vésicules cérébrales au niveau de l'ampoule ant. du tube neural = ant. Prosencéphale, moy. Mésencéphale, post. Rhombencéphale. Ebauche des noyaux des nerfs crâniens (V. VII. VIII. IX.)	Individualisation des ganglions sensitifs des nerfs crâniens et rachidiens. Poursuite du développement des nerfs crâniens.
APPAREIL VISUEL	1ère ébauche de l'évagination optique sur la plaque neurale = Fossettes optiques.		Vésicule optique primitive reliée au cerveau antérieur par le pédicule optique.	Stade de vésicule oculaire secondaire avec différenciation des 3 couches représentant la rétine embryonnaire : - couche marginale - couche germinative - couche fertile	

	8ème - 9ème semaines (E = 24 à 40 mm)	10ème - 11ème semaines (E = 40 à 59 mm)	12ème semaine (E = 56 mm)
SYSTEME NERVEUX	Développement des hémisphères cérébraux et individualisation des lobes pariétaux - frontaux Apparition des bulbes olfactifs. Apparition des noyaux striés Noyau strié latéral → noyau caudé Putamen → noyau lentillaire Corps strié médian → Globus Pallidus Formation du noyau dorsal du corps genouillé latéral. Noyaux des nerfs crâniens présents . Ebauche du cervelet à partir du Métencéphale (IV). Dure mère individualisée.	Poursuite du développement hémisphérique Individualisation du lobe occipital. Formation des 1er et 4ème ventricules et prolifération des plexus choroïdes. Apparition du corps calleux.	Différenciation des cortex olfactifs. La moitié du corps calleux est formée. Structures cérébelleuses en place : vermis + 2 lobes latéraux.
APPAREIL VISUEL	Les fibres optiques atteignent le plancher du IIIème ventricule. Formation de la névroglie de soutien à partir des nyx et du cytoplasme restant des cellules gliales primitives. Apparition de quelques cloisons gliales. Début de formation des gaines du N.O. 1ère ébauche de sclérotique. Développement des parois orbitaires -apparition du corps ciliaire - iris - muscle orbiculaire palpébral. Début d'individualisation des muscles releveurs des paupières et muscles droits.	Décussation des fibres optiques = Chiasma. Donc voie optique bien individualisée avec chiasma et bandelettes optiques.	Développement du chiasma. Travées de fibres déterminées par les cellules gliales. Différenciation de la gaine piale (en continuité avec pie-mère et choroïde) 1er stades de vascularisation. Ebauche de lame criblée.

	16 ^{ème} semaine (E = 112 mm)	16 - 24 ^{ème} semaines (E = 120 à 160 mm)
SYSTEME NERVEUX	Différenciation histologique du néo-cortex . D'abord zone pariétale puis zones frontale et occipitale. Développement du corps calleux. Formation du septum lucidum. Commissures inter-hémisphériques . Développement du cervelet + + Individualisation des lobes ant. et post. de l'hypophyse.	Ebauche du sillon pariéto-occipital et de la scissure calcarine. corps calleux en place . Début de myélinisation des nerfs périphériques : V - VIII en particulier et du système nerveux central (myélinisation du faisceau longitudinal médian : myélinisation des corps genouillés).
APPAREIL VISUEL	Tous les constituants du globe oculaire sont en place.	Complexité du réseau glial obtenue lors du 4^{ème} mois. Poursuite de la vascularisation du N.O. Développement des gaines + + + (gaine durale en continuité avec dure-mère et sclérotique).

	6ème mois (E = 160 - 200 mm)	7ème mois (E = 200 - 400 mm)
SYSTEME NERVEUX	Individualisation du cortex visuel - Début de l'histogénèse avec différenciation des couches V et VI. Faisceau rubro spinal myélinisé (partie sensorielle) Début de myélinisation du V - VII - IX nerf trochléaire - X - XII	Ebauche des sillons secondaires. Fibres pyramidales dans la capsule interne, le pédoncule cérébral, la protubérance, le bulbe. Arachnoïde.
APPAREIL VISUEL	Formation de travées interfasciculaires	Début de myélinisation du N.O. Myélinisation du chiasma.

	8ème mois	9ème mois
SYSTEME NERVEUX	Différenciation des couches II - III et IV du cortex visuel (couches II et IV : fonction réceptrice + + +) Myélinisation du système pyramidal (atteint la région sous thalamique) Ebauche des sillons tertiaires.	Structure du cortex visuel atteinte avec : - couche moléculaire (1) - granulaire externe (2) + + + - pyramidale ext. (3) - granulaire int. (4) + + + - pyramidale int. (5) - des cellules fusiformes (6) Myélinisation des voies spinothalamiques et bulbo-thalamiques. (après la naissance enrichissement des plexus dendritiques avec augmentation minime de la taille des cellules sans modification du nombre des cellules neuronales.)
APPAREIL VISUEL	Myélinisation des tractus optiques . Période de différenciation maculaire.	La myélinisation atteint la lame criblée bien développée à terme. (cette différenciation maculaire se poursuit durant les 4 premiers mois de la vie).

Résumons cette étude embryologique en schématisant les principales étapes :

1° - Etage récepteur rétinien :

a - Rétine périphérique :

Cônes et bâtonnets fonctionnels au septième mois de la vie intra utérine.

b - Macula :

- Macula individualisé au troisième mois foetal .
- Arrêt du développement maculaire du troisième au huitième mois de la vie intra utérine .
- Différenciation maculaire du huitième mois au quatrième mois après la naissance.

2° - Etage de transmission :

- a - Fibrillogénèse centripète de la rétine vers le cortex visuel débutant à la cinquième semaine, terminée à la dixième semaine : voie optique individualisée à la dixième semaine.
- b - Myélinisation des fibres optiques de façon centrifuge de la trentième semaine à la naissance.

3° - Etage de réception :

- a - Hémisphères cérébraux formés à la sixième semaine : individualisation du lobe occipital à la dixième et onzième semaines.
- b - Histogénèse du cortex visuel à partir du sixième mois.
 - sixième mois : différenciation des couches V et VI .
 - huitième mois : différenciation des couches II, III et IV .
 - à terme : aire visuelle différenciée et parfaitement myélinisée.

II - MATURATION PSYCHOPHYSIOLOGIQUE

Au moment de la naissance, le système nerveux du nouveau-né à terme a acquis une maturité presque complète tout du moins sur le

plan anatomique. Mais l'activité corticale est loin d'être parfaite : le nouveau-né est incapable de mouvements conjugués des yeux, de fixer un objet et de le suivre des yeux, d'accommoder et ce retard « plus physiologique qu'anatomique » selon l'expression de P. et S. DELTHIL (111) va se combler au fur et à mesure des acquisitions sensorielles et motrices.

De ce fait, plusieurs problèmes se posent :

- Comment pouvons-nous évaluer le développement de la fonction visuelle chez le prématuré, le nouveau-né à terme, le nourrisson ?
- Quels sont les principaux tests oculaires à notre disposition à la période néonatale ?
- Quelles seront les étapes évolutives de la vision au cours de la première enfance ?
- L'enfant a-t-il ou non la perception des couleurs ?

A - Développement de la fonction visuelle.

L'étude de la physiologie visuelle s'intègre dans l'appréciation du développement psychomoteur : « En effet, à quelque âge que naisse un enfant, il représente un stade d'achèvement des structures nerveuses et musculaires et il l'exprime par l'ensemble de son comportement ». (SAINT-ANNE DARGASSIES [245]).

Depuis GESELL (128) en 1945, ANDRE THOMAS (10), SAINT-ANNE DARGASSIES (245) en 1952, PEIPER (225) en 1964, nous disposons de toute une gamme de réflexes moteurs, sensitifs et sensoriels pour essayer de cerner la maturité neurologique du nourrisson.

Mais c'est à ESENTE (111), dont le travail a été adapté en français par P. et S. DELTHIL en 1958, que revient le mérite d'avoir tracé chez le prématuré et le nourrisson normal l'évolution de la fonction visuelle.

Pour ESENTE « il y a lieu de distinguer dans la vision ses trois composants : moteur , sensitif et perceptif ».

Le grand prématuré se caractérise par la prépondérance de l'appareil moteur sur l'appareil sensoriel : stade purement réflexe d'automatismes sous-corticaux. Les mouvements oculaires ne sont pas déterminés par une excitation visuelle mais par une excitation réflexe transmise par le labyrinthe, le cervelet, les corps striés.

La fin de la période foetale correspond à une « période de synergie sensorio-motrice » (ESENTE [111]), avec passage d'une « phase sensitive » à une phase sensorielle marquée par l'apparition du réflexe de fixation « véritable perception consciente », qui « traduit le synchronisme entre l'organe de réception, et l'appareil moteur et l'objet de la fixation ».

A ces trois grandes étapes de la période néonatale correspondent un certain nombre de réflexes réunis par ESENTE permettant la détermination d'un véritable « âge oculaire ».

Précisons une notion : il s'agit de l'avantage, bien entendu temporaire, dont semble jouir le prématuré de quelques semaines par rapport au nouveau-né à terme : ainsi, le prématuré de 7 mois examiné à l'âge de 2 mois possède des réflexes plus perfectionnés que le nouveau-né à terme ; ceci met bien l'accent sur l'importance du rôle de la lumière dans l'établissement de la fonction visuelle et a pu être prouvé anatomiquement.

PEIPER (225) ainsi collige les conclusions de divers auteurs. Ceux-ci, après avoir maintenu un oeil fermé chez un animal nouveau-né notent quelques temps après une différence de myélinisation au niveau des deux nerfs optiques.

WESTPHALL, cité donc par PEIPER, trouve une myélinisation excessive chez des prématurés par rapport à leur niveau de développement.

HYDEN, toujours selon PEIPER, trouve une quantité moindre de cellules ganglionnaires chez des animaux maintenus à l'obscurité.

De même, les travaux de WIESEL et HUBEL (288) en 1965 chez le jeune chat, dont ils obturent une paupière, sont absolument concordants.

B - Réflexes oculaires de la période néonatale.

Nous allons les citer très brièvement en reprenant le travail d'ESENTE (111).

1° - Réflexes oculaires de posture passive et active.

a - Posture passive :

- Réflexe de poupée : Mouvement des yeux en sens opposé lors de la rotation provoquée de la tête.

Présent chez le grand prématuré, exceptionnel chez le nouveau-né à terme il traduit l'incoordination motrice tête-yeux.

- Déviation des globes et nystagmus provoqués : Absence de nystagmus chez le prématuré au cours des épreuves rotatoires et caloriques.

b- Posture active :

- Motilité oculaire :

- très limitée chez le grand prématuré : la direction du regard suit celle de la tête ;
Quelques mouvements incoordonnés (20 à 30°) dans le sens horizontal.
- chez le nouveau-né à terme incursion des globes de :
 - 60° dans le sens horizontal
 - 30° dans le sens vertical.
- lors des deux premiers mois de la vie, développement progressif des mouvements oculaires conjugués.

2° - Réflexes sensitifs :

a - Réflexe de clignement :

- réponse à l'excitation des globes oculaires ou de la peau du bord palpébral ; de même, après excitation douloureuse de la muqueuse nasale.

Inexistante chez le grand prématuré, nette chez l'enfant à terme.

b - Réflexe de contraction palpébrale par ouverture forcée des paupières :

Contraction des paupières provoquée à une ouverture forcée.
Nette chez l'enfant à terme.

c - Réflexe d'éloignement :

Essai du nouveau-né à terme à partir de la première semaine pour repousser les mains de l'observateur qui écartent les paupières.

d - Réflexe de localisation oculaire :

Possibilité de localiser avec la main l'excitation sensitive atteignant globe et annexes.

Au cours de la deuxième semaine chez le nouveau-né à terme, des troisième - quatrième semaines chez le prématuré de huit mois et de la huitième semaine chez le prématuré de sept mois.

e - Réflexe d'élévation des globes par fermeture forcée des paupières:

Mouvements désordonnés des globes déclenchés par la fermeture des paupières.

3° - Réflexes sensorio-moteurs :

a - Réflexe photomoteur :

Premier réflexe sensorio-moteur.

b - Réflexe du clignement :

Contraction du muscle orbiculaire par une illumination massive.

c - Réflexe d'ouverture palpébrale déclenchée par une source lumineuse modérée:

« Trois phases successives :

- ouverture palpébrale sous l'influence d'une source lumineuse modérée.
- ébauche du regard vers la source dans un champ de plus en plus étendu.
- synergie partielle tête-yeux dans la direction de la lumière »

ESENTE (111)

d - Réflexe d'élévation des globes par excitation lumineuse :

Hyperphorie des globes déclenchée par une stimulation lumineuse brusque après ouverture des paupières.

Présent chez les prématurés légers et à terme.

e - Réflexe optique de PEIPER :

Chute de la tête en arrière après éclaircissement puissant.

f - Réflexe cochléo-palpébral:

Occlusion suivie de mouvements des paupières après excitation auditive par un bruit proche.

g - Réflexe optico-palpébral:

Fermeture des paupières à l'approche d'un objet.
Seulement à partir du premier mois.

4° - Réflexes d'association :

Les réflexes :

- d'élévation des globes par la fermeture forcée des paupières,
- sensitif naso-palpébral,
- cochléo-palpébral,
- optique de PEIPER,
- d'ouverture des paupières par le soulèvement provoqué de la tête et du tronc,

mettent en jeu des synergies motrices et peuvent donc être repris dans le cadre des réflexes d'association.

C - Etapas évolutives de la vision lors de la première enfance.

Le 1er trimestre est dominé par le *réflexe du regard* d'abord vague et incertain puis de plus en plus attentif avec une ébauche de *fixation*. Une certaine synergie dans les mouvements oculaires apparaît.

L'acuité visuelle est difficile à apprécier. Selon ESENTE, le nourrisson serait capable de remarquer un objet rapproché de 5 cm de diamètre, une personne à quelques mètres.

Le 2ème trimestre se caractérise par l'apparition et le perfectionnement du réflexe de *préhension* : l'enfant fixe un objet, puis le saisit de façon de plus en plus précise pour finalement le porter à la bouche.

L'acuité visuelle se situerait alors aux environs de 1/30e à 1/10e.

Le 3ème trimestre voit s'améliorer la coordination motrice, la vision binoculaire, le degré d'attention visuelle. L'acuité visuelle peut être évaluée à 1 ou 2/10e.

Le 4^{ème} trimestre se définit par la station debout, le perfectionnement de la vision binoculaire et surtout l'apparition du sens du relief.

Entre 1 et 3 ans se constitueront les caractères définitifs de la vision qui sera celle d'un adulte.

L'acuité visuelle serait de :

- 5,5/10^{ème} à 2 ans
- 7/10^{ème} à 3 ans
- 9/10^{ème} à 5 ans.

D - Perception des couleurs.

Le nourrisson a-t-il ou non une perception des couleurs ?

Il s'agit là d'un difficile problème où des multiples opinions ont pu être avancées. Nous allons donc simplement rapporter quelques expériences qui nous ont paru intéressantes et que nous avons extraites du chapitre consacré par PEIPER (225) à la perception des couleurs. C'est ainsi que STIRNIMANN étudie deux cents nouveaux-nés en leur présentant diverses couleurs à une distance de 10 cm et en notant à chaque fois la durée du regard. Il en conclut que le nouveau-né semble différencier les couleurs et en a donc une perception. Mais ce travail apparaît critiquable pour PEIPER, la durée de la fixation pouvant dépendre de facteurs autres : distraction ... faim ... le nouveau-né pouvant être également sensible à des différences de luminance et non de couleur.

PEIPER lui-même, en 1927, étudie le réflexe optique qui porte son nom (c'est-à-dire la chute en arrière de la tête avec opisthotonos lors d'un éclairage massif) à l'aide de lumières blanches ou colorées chez des prématurés adaptés à la lumière ou à l'obscurité. Il montre que la sensibilité aux diverses longueurs d'onde varie considérablement après une adaptation au noir ou à la pénombre et que le phénomène de PURKINJE existe chez le prématuré. Les cônes seraient donc susceptibles de commencer leur fonction future de vision chromatique sans que l'on puisse toutefois affirmer leur pleine fonction.

Les expériences de PEIPER sur le prématuré ont été continuées et élargies par TRINCKER en 1964. Celui-ci base ses travaux sur les découvertes de BIRUKOW (1949) sur la vision du jour et crépusculaire chez les larves de grenouilles et conclut que :

- la sensibilité à la luminance des cônes est complètement développée chez les nouveaux-nés prématurés et à terme, tandis que la différenciation des couleurs apparaît durant les premiers mois de la vie.
- que la fonction des cônes débute avant celle des bâtonnets et que le cône représente sur le plan phylogénique la première cellule visuelle.

Tel était d'ailleurs l'avis de WALLS (en 1934) après examen de rétines de reptiles ; de SEEFELDER (en 1910) qui trouve des cônes définitifs au troisième mois de la vie embryologique alors que le développement des bâtonnets ne débute pas avant le cinquième mois.

En 1955, D et J. TRINCKER étudient les réponses des prématurés et des nouveaux-nés à terme à qui sont présentés, à l'aide d'un tambour rotatif, des rubans de diverses couleurs et des bandes grises, et observent :

- durant les deux premières semaines un nystagmus optocinétique sans discrimination des couleurs .
- durant les troisième et quatrième semaines une réaction au bleu puis au rouge et au jaune (quatrième et huitième semaine) et enfin au vert (septième et onzième semaine).

Le problème de la perception des couleurs est bien entendu plus complexe. Nous nous sommes contentés de choisir quelques travaux qui semblent prouver :

- que les cônes fonctionnent chez le prématuré .
- que le phénomène de PURKINJE existe même chez le prématuré .
- que la discrimination des couleurs est certes difficile à mettre en évidence en l'absence d'acquisitions telles que le langage mais qu'elle semble présente très précocement.

III - MATURATION ELECTROPHYSIOLOGIQUE.

Le troisième volet de notre étude de maturation est représenté par l'exploration électrophysiologique des voies visuelles et son évolution avec l'âge chez le nourrisson et l'enfant normal.

Deux méthodes sont utilisées couramment :

- l'électrorétinogramme : potentiel d'activité rétinienne globale induit

par un photostimulus et recueilli entre une électrode cornéenne et une électrode indifférente. Cette réponse traduit l'activité couplée : photo-récepteurs - cellules bipolaires.

- Le potentiel évoqué visuel : potentiel d'activité occipitale induit par un photostimulus et recueilli entre une électrode située au niveau de la protubérance occipitale externe et une électrode indifférente. Il traduit la « perméabilité » des voies visuelles et l'activité corticale (le P.E.V. étant extrait du bruit de fond cérébral enregistré par l'E.E.G.).

Nous allons donc envisager :

- la maturation de l'E.R.G.
- la maturation de l'E.E.G.
- la maturation du P.E.V.

A - MATURATION ELECTRORETINOGRAPHIQUE .

La difficulté de recueil des potentiels électriques rétiniens rend compte des divergences existant entre les auteurs ayant étudié le problème de l'E.R.G. à la naissance.

Ainsi ZETTERSTRÖM (296) en 1951 obtient une réponse scotopique :

- au 3ème jour chez le nouveau-né à terme
- au 15ème jour chez le prématuré.

Pour FRANCOIS et DE ROUCK (122), leurs tracés atteignent une amplitude de type adulte à l'âge de 2 ans et sont d'allure scotopique.

GOODMAN, RIPPS et SIEGEL (129) en 1963 notent des tracés d'amplitude moindre.

A l'heure actuelle, en l'absence de toute prémédication et de toute anesthésie, il est parfaitement démontré l'existence d'une double réponse rétinienne scotopique et photopique chez le nouveau-né voire le prématuré et ceci grâce aux études de :

- WINKELMAN - HORSTEN (291) en 1962
- BARNETT - LODGE - ARMINGTON (26) en 1965
- ALFIERI - SOLE (9) en 1966

ROUHER - SOLE - ALFIERI (244) en 1967 chez le prématuré
 SAMSON - DOLLFUS (246) en 1968
 FOGARTY (118), en 1969.

Les tracés électrorétinographiques du prématuré et du nouveau-né à terme sont superposables quant à leur morphologie aux tracés d'adulte ; seule une différence d'amplitude semble les séparer.

B - MATURATION ELECTROENCEPHALOGRAPHIQUE

L'aspect évolutif de l'E.E.G. est actuellement bien connu grâce à de nombreux travaux dont ceux de DREYFUS-BRISAC, MONOD et SAMSON-DOLFUS (87 - 88).

L'étude ontogénique a permis de trouver divers critères électriques propres à chaque âge. L'aspect des rythmes cérébraux est le reflet fidèle de la maturation du cerveau.

1° - Chez le prématuré .

Une période d'activité discontinue est habituellement retrouvée à partir du 6ème mois jusqu'à l'âge foetal de 7 mois 1/2 avec deux phases successives :

- la première est caractérisée par des rythmes sporadiques de 4 à 5 c/s accompagnée ou non d'ondes très lentes.
- la deuxième de 6 mois 1/2 à 7 mois 1/2 se définit par une surcharge de rythmes rapides de 12 à 14 c/s de bas voltage.

C'est à 7 mois 1/2 que se dessine une activité continue rythmique d'origine corticale anarchique à l'état de veille mais montrant une réactivité aux différentes excitations.

2° - De la naissance à trois mois .

Le tracé de veille comporte des rythmes de 4 à 5 c/s intriqués à quelques ondes lentes mais sans organisation topographique précise, sans différence appréciable de l'activité électrique yeux ouverts et yeux fermés.

Le troisième mois marque une étape décisive avec l'individualisation :

- d'une activité sinusoidale occipitale différenciée de 3 à 5 c/s bloquée par l'ouverture des yeux.
- d'une activité frontale d'amplitude moindre.
- de rythmes rolandiques de bas voltage de 4 à 8 c/s.

Il existe donc une organisation topographique.

3° - A partir du 5ème mois .

Au 5ème mois, l'activité corticale acquiert le caractère rythmique et régulier qui préfigure le rythme alpha.

Par la suite, le rythme occipital est de 6 c/s à 1 an, 7 c/s à 2 ans, pour atteindre 8 c/s à 3 ans.

C - MATURATION DU P.E.V.

Il s'agit là d'un problème difficile, imparfaitement résolu et auquel un nombre relativement restreint de travaux ont été consacrés depuis une dizaine d'années.

1° - ELLINGSON (104 - 105 - 106 - 107 - 108), en 1958, 1960 et 1964, après une étude chez le jeune chat est le premier à mettre en évidence les modifications du P.E.V. parallèlement au développement général du nourrisson. Son étude porte sur 693 sujets dont 71 prématurés dénués de tout désordre neurologique mais la répétition des examens chez certains sujets lui ont permis de totaliser 1.142 examens (944 pour les enfants à terme et 198 pour les prématurés).

a - Caractéristiques du P.E.V. du nourrisson . Les réponses occipitales enregistrées diffèrent de celles de l'adulte:

- par leur morphologie : La réponse qui apparaît aux âges les plus bas est une onde uniphasique négative (qui sera notre onde V), chez les nourrissons un peu plus âgés cette onde négative est précédée d'une onde positive.
- par leur amplitude qui est plus grande.
- par leurs paramètres temporels, en particulier le temps de culmination (mesuré du début de la stimulation au sommet de l'onde positive) qui diminue lorsque l'âge du sujet augmente :

219 ms pour les prématurés de 34-35 semaines
 209 ms pour les prématurés de 36-37 semaines
 200 ms pour les prématurés de 38-39 semaines
 189 ms pour les nouveau-nés à terme.

L'expression du temps de culmination de la réponse occipitale en fonction de l'âge et en fonction du poids montre une discontinuité avec une cassure de la courbe d'une part aux environs des 4ème ou 5ème semaines, d'autre part aux environs du poids approximatif de 9 livres. Il apparaît donc pour ELLINGSON une corrélation étroite entre le temps de latence, l'âge et le poids de l'enfant.

- par leur induction : Les réponses suivent d'autant moins facilement une stimulation itérative que le sujet est plus jeune.

b - Problèmes de maturation : La maturation évolue parallèlement au développement anatomique et électrophysiologique du système visuel de l'enfant et ceci aux deux étages de ce système.

- étage de réception : dualité rétinienne avec mise en jeu successive d'une vision d'abord purement scotopique puis scotopique et photopique.

ELLINGSON reprend alors le travail de B. ZETTERSTRÖM (296 - 297) sur l'électrorétinographie du nouveau-né et du nourrisson. La rétine du nouveau-né se comporterait comme une rétine à bâtonnets et donc purement scotopique pour devenir ensuite à partir de la quatrième semaine une rétine non seulement scotopique mais également photopique. Cette date de quatre semaines, à laquelle B. ZETTERSTRÖM obtient une réponse photopique à l'E.R.G., correspond à la cassure de la courbe donnée par ELLINGSON et également à la date d'apparition de la fixation.

- étage de transmission : myélinisation des fibres avec, pour corollaire, l'augmentation de la vitesse de conduction.

2° - ENGEL et BUTLER (110) en 1963 ont essayé d'établir une corrélation entre l'aspect électroencéphalographique après stimulation lumineuse et l'âge conceptionnel de 666 nouveau-nés s'échelonnant entre 29 et 46 semaines. 90 d'entre eux avaient soit des anomalies électriques, soit une détresse néo-natale appréciée par l'indice d'Apgar; 13 étaient post-matures. Ils se sont essentiellement attachés à l'étude du temps de latence (mesuré du début de la stimulation au

début de l'onde considérée) qu'ils ont noté à :

- 230 ms chez des enfants de 29 semaines.
- 221 ms chez des enfants de 32 semaines.
- 203 ms chez des enfants de 36 semaines.
- 169 ms chez des enfants de 38 semaines.
- 153 ms chez des enfants de 40 semaines.

Chez les 13 enfants post-matures, 2 n'avaient pas de réponse, 1 avait un tracé ininterprétable. Enfin, chez les 10 autres, la latence moyenne était de 124 ms.

3° - HRBECK et MARES (143 - 144 - 145) en 1964, 1965 et 1966 ont obtenu des résultats similaires aux autres auteurs au terme d'une étude répétitive de 120 nouveau-nés dont 58 prématurés et 60 porteurs de signes de souffrance périnatale, soit un total de 334 examens et ceci pour diverses fréquences de stimulation.

Chez les 60 enfants ayant subi des lésions d'anoxie, un fait est remarquable : le temps de latence est plus important (de l'ordre de 300 ms). Trois caractéristiques donc pour HRBECK et MARES séparent les potentiels évoqués visuels de l'enfant de ceux de l'adulte :

- la morphologie de la réponse .
- la fatigabilité traduisant la lenteur des processus métaboliques au niveau des cellules nerveuses .
- le temps de latence.

HRBECK et MARES mettent en jeu l'immaturité des synapses corticales signalées par PURPURA (232). Seules les synapses axodendritiques sont actives chez les prématurés. L'apparition de la première onde positive serait l'expression de l'activité synaptique axosomatique.

4° - VANZULLI et coll. (274) en 1964, dans le cadre du développement des mécanismes sensoriels chez l'homme recueillent les réponses évoquées visuelles sur bande magnétique de 39 nouveaux-nés et obtiennent des réponses durant 1.000 ms d'une complexité surprenante avec présence de 8 ondes. Ils pensent que la richesse de leurs tracés par rapport à ceux d'ELLINGSON proviennent de leur différence de techniques. En fait, si on ne tient compte que des 500

premières ms, comme tous les auteurs, les résultats semblent bien superposables tant en ce qui concerne la morphologie que les facteurs temporels.

- 5° - Inspirée par GASTAUT et REGIS, une étude du P.E.V. (184), en fonction de l'âge chez l'homme, a été effectuée par LIENHARD , en 1964, à partir d'une population de 44 sujets : 8 adultes, 27 enfants parfaitement normaux et 9 enfants séjournant au Centre St-Paul pour des troubles caractériels. Pour cet auteur, c'est :
- entre 1 et 2 ans que se situent les modifications les plus importantes. Avant 1 an, la réponse est simple: une seule onde monphasique en forme de dôme.
 - 2 ans : individualisation de trois ondes : III, IV et V.
 - entre 2 et 3 ans : on assiste à une évolution de l'onde V et du post-potentiel rythmique et après 14 ans, on tend à se rapprocher du P.E.V. de l'adulte.

Cette thèse essaie d'intégrer le P.E.V. et donc l'une des activités électriques du cerveau les plus complexes parmi les autres critères de maturation à notre disposition actuellement :

- critère morphologique avec l'étude de la croissance.
- critère électroencéphalographique mettant en parallèle le rythme de base et l'âge chronologique.
- critère psychologique.

- 6° - CREUTZFELD, dans la monographie de GASTAUT (123), observe une réponse de type adulte à l'âge de 6 ans, tout du moins en ce qui concerne les premiers accidents, la post-décharge conservant une fréquence différente à cet âge.
- 7° - KASSABGUI, CADILHAC, PASSOUANT (164) en 1965 pratiquent un enregistrement polygraphique (E.E.G., E.C.G., E.M.G. - enregistrement des mouvements oculaires) chez 20 sujets âgés de quelques jours à 5 ans.

Ils obtiennent, à l'âge de 3 ans, une réponse proche de celle de l'adulte après une évolution progressive portant sur le temps de latence, l'amplitude et la morphologie. Le troisième mois semble représenter pour eux un cap important dans la maturation de cette réponse relativement simple au départ avec un seul accident monphasique de grande latence et de grande amplitude. Ce cap du troisième mois

correspond à la cassure des courbes produites par ELLINGSON et « approximativement à l'âge où le nourrisson est capable de différencier un objet traversant son champ visuel, de le fixer avec les deux yeux et de le suivre du regard ».

8° - WEINMANN et coll. (281 - 282) en 1967 travaillent à l'aide d'un CAT 400 et enregistrent les réponses occipitales de 230 enfants au-dessous de 14 ans.

Deux variations essentielles semblent s'imposer à l'analyse de leurs tracés :

- un gain de vitesse de conduction.
- une différenciation maximale durant les trois premiers mois.

Pour eux, cette évolution se fait sous la dépendance essentielle :

- de facteurs rétinien lors des deux premiers mois.
- de la maturation des voies visuelles secondaires et du cortex après le cap des deux mois.

9° - YOKOYAMA (294 - 295) en 1967 obtient des réponses chez des nouveaux-nés dont la morphologie est globalement identique à celle de l'adulte. Il retrouve même pour la moitié de ses observations des accidents rapides I - II - III similaires à ceux de l'adulte. Pour lui, seuls les temps et les amplitudes diffèrent.

10° - FERRISS et coll. (114) en 1967 travaillent sur un lot de 49 nouveaux-nés et analysent 346 examens.

La réponse relativement simple obtenue à la naissance devient de plus en plus complexe avec l'apparition de nouvelles composantes réalisant, à l'âge de deux mois, un aspect proche de l'adulte avec simplement une différence des facteurs temporels.

C'est ainsi qu'un accident négatif N2 est obtenu pour tous les tracés à la naissance précédé parfois par un accident positif plus précoce P2. Lors de la première semaine, un accident rapide P1 se différencie puis l'accident N2 va s'encocher pour aboutir à un aspect proche de l'adulte.

Pour cet auteur, l'estimation de l'âge conceptionnel ne peut être faite comme l'avait proposée ENGEL et BUTLER. Il établit par contre un parallèle entre le poids de l'enfant et la latence de la réponse.

- 11° - DUSTMANN et BECK (95 - 96 - 97) en 1969 ont enregistré les P.E.V. chez 215 sujets dont l'âge s'échelonne entre 1 mois et 81 ans. Ils s'attachent essentiellement aux modifications de l'amplitude maximale chez les enfants de 5 à 6 ans pour diminuer jusqu'à 13-14 ans, pour réaugmenter à nouveau et se stabiliser à l'âge de 16 ans.
- 12° - Très récemment, en 1969, FOGARTY et REUBEN (118) ont apporté les mêmes conclusions après dépouillement de 50 réponses de prématurés, 10 réponses de nouveaux-nés à terme, 10 réponses d'enfants plus âgés , à savoir une réduction nette du temps de latence et une évolution de la réponse allant d'une simple onde positive à un complexe de trois ondes à l'âge d'un an réalisant ainsi un tracé d'adulte.
- 13° PERDRIEL (119), dans le cadre du rapport sur les cécités de l'enfant en 1969, fait état de résultats portant sur 30 enfants normaux de 5 jours à 8 ans. Il individualise seulement une première onde négative suivie d'une déflexion positive à l'âge de 2 mois, trois accidents à l'âge de 5 mois et note une évolution vers un tracé de type adulte entre un an et 5 ans.
- 14° - LAGET et BEAUVAIS (176) en 1969 s'intéressent aux potentiels somesthésiques auditifs et visuels et reconnaissent au P.E.V. en pédiatrie deux indications :
 - la première d'ordre pronostique au décours d'un «accident cérébral grave» susceptible de laisser des séquelles en particulier sensorielles.
 - la deuxième d'ordre diagnostique dans l'exploration des retards psychomoteurs avec cécité.

Cette revue bibliographique montre que l'aspect du P.E.V. en photostimulation blanche se modifie en fonction de l'âge. Au fur et à mesure que l'âge du nourrisson augmente, on note :

- un enrichissement des tracés en ondes nouvelles plus précoces .
- une diminution de l'amplitude .
- une diminution du temps de latence.

De cette étude consacrée à la maturation anatomique et fonctionnelle des voies optiques du nourrisson et à sa traduction électro-physiologique, il ressort :

- l'extraordinaire développement de la fonction visuelle lors de la première année de la vie.
 - l'intérêt en Pédiatrie d'une méthode tel le P.E.V. qui paraît susceptible de mesurer à chaque instant le degré de maturité du système visuel dans son ensemble et ainsi de dépister précocément et de préciser les moindres anomalies de la fonction visuelle chez le tout-petit.
-

CHAPITRE II

METHODES

Le dispositif et le protocole expérimental adoptés pour le recueil des P.E.V. en Pédiatrie ont été absolument calqués sur ceux préconisés par ALFIERI, SOLE et ROUHER chez l'adulte et utilisés par PLANE (228) dans sa thèse.

Mise à part la plus grande difficulté de réalisation qui entraîne quelques remarques propres à l'enfant, rien ne sépare donc les méthodes d'enregistrement du P.E.V. chez l'enfant et chez l'adulte.

I - METHODE COMMUNE A L'ADULTE ET A L'ENFANT

A - Principes .

Notre méthode de recueil du P.E.V. se propose :

- d'étudier et de comparer les réponses occipitales homolatérale et controlatérale obtenues par stimulation isolée et successive de chaque oeil et donc de localiser le niveau d'une atteinte éventuelle.
- de dissocier les composantes photopiques et scotopiques du P.E.V.
- d'enregistrer l'E.R.G. des deux yeux.

1° - Localisation du côté éventuellement atteint :

Une donnée anatomique, la décussation partielle des fibres visuelles au niveau du chiasma optique, explique cette possibilité : en effet, les fibres périphériques nasales du nerf optique vont former la bandelette optique controlatérale, les fibres temporales restant au contraire homolatérales.

Les fibres maculaires subiraient pour certains une décussation analogue ; pour d'autres, chaque fibre maculaire donnerait une fibre homolatérale et une fibre controlatérale.

La stimulation de chaque oeil permet donc le recueil de 2 réponses occipitales homolatérale et controlatérale aisément comparables. Toute lésion unilatérale du nerf optique entraînera une modification des réponses occipitales homolatérale et controlatérale évoquées par stimulation de l'oeil situé du côté de la lésion. Par contre, les réponses occipitales recueillies après stimulation de l'oeil opposé seront parfaitement normales en dehors d'une atteinte des voies optiques rétrochiasmatiques, exceptionnellement associée.

2° Dissociation des composantes scotopiques et photopiques du P.E.V.

Le faisceau maculaire et les faisceaux périphériques sont parfaitement distincts de leur origine jusqu'au cortex visuel où la représentation maculaire occupe près de la moitié de l'aire striée.

Différents auteurs ont essayé de retrouver cette dualité sur le P.E.V. et ceci à l'aide de photostimulation monochromatique (CHANG [51], MADSEN et LENNOX [191], MONNIER, ROZIER [211 - 212], ALFIERI, SOLE [7]) et de photostimulation localisée (COPENHAVER et BEINHOCKER [70] HENKES [138] SCHREINEMACHERS [253] EASON, ODEN et WHITE [98]) Ces divers artifices leur ont permis l'individualisation de composantes photopiques précoces plus facilement obtenues au rouge, composantes scotopiques tardives plus facilement isolées au bleu et après adaptation à l'obscurité.

L'utilisation de filtres interférentiels rouge et bleu doit donc nous permettre de dissocier les réponses photopiques du faisceau maculaire et les réponses essentiellement scotopiques des faisceaux périphériques.

3° - Enregistrement électrorétinographique.

Dans le cadre des troubles de la fonction visuelle chez l'enfant, le recueil du P.E.V. ne peut être séparé de celui de l'E.R.G. qu'il s'agisse :

- d'affections rétiniennes hérédodégénératives,
- d'atteinte du nerf optique,
- de lésions cérébrales.

L'enregistrement électrorétinographique des deux yeux en stimulation blanche puis en stimulation orange, le recueil du P.E.V. sont donc couplés de façon systématique. Nous avons pris l'habitude, en pédiatrie, de recueillir d'abord la réponse occipitale, ensuite la réponse rétinienne. Nous nous sommes en effet aperçus que l'enfant réagissait essentiellement à la mise en place des verres de contacts porteurs des électrodes nécessaires à l'enregistrement de l'E.R.G. Pour qu'il reste le plus confiant et le plus coopérant possible durant l'exploration électrophysiologique, nous réservons l'E.R.G. en fin d'examen.

B - Dispositif expérimental.

1°- Sujet .

L'enfant est maintenu dans une pièce obscure en position couchée pour les moins de 3 ans, en position assise au-delà de 3 ans, après mydriatique, pour éliminer les réflexes pupillaires et obtenir un éclaircissement maximal.

L'oeil stimulé est maintenu ouvert soit à l'aide d'un blépharostat, soit en faisant écarter les paupières par un aide. Un obturateur hermétique est placé en avant de l'oeil non stimulé.

2° Photostimulateur .

Les signaux lumineux sont provoqués par un stimulateur EPIPHOTE à l'aide d'une lampe à décharge au xénon. Il permet l'obtention de lumière blanche sous forme d'éclairs brefs et intenses pouvant être répétés à une fréquence allant jusqu'à 1500 Hz ; cette dernière est utilisée pour les éblouissements.

L'interposition de filtres colorés permet d'obtenir des photostimulations monochromatiques.

Trois filtres interférentiels SCHOTT ont été utilisés dont voici les références :

Référence	Couleur	Transmission maximale	Bande passante
PIL 592 819	rouge	50 % pour 658 nm	14 nm
PIL 080 414	bleu	40 % pour 450 nm	9 nm
PIL 587 822	bleu	35 % pour 407 nm	9 nm

Nos premiers P.E.V. effectués en lumière monochromatique bleue ont été obtenus à l'aide d'un filtre bleu de longueur d'onde dominante : 450 nm. Mais en raison de la sensibilité de certains cônes à cette longueur d'onde (travail de l'Université de Cambridge cité par SOLE [259]), nous avons fait appel par la suite à un filtre interférentiel bleu de longueur d'onde dominante plus basse : 407 nm.

Un filtre orange WRATTEN KODAK n° 26 est utilisé en E.R.G.

3° - Chaînes de mesures .

Le montage employé est un montage monopolaire sur référence éloignée :

- l'électrode indifférente en forme de boucle est fixée au lobule de l'oreille homolatérale.
- l'électrode active en forme de cupule de 8 mm de diamètre est placée dans la région occipitale à 2 cm en dehors de la ligne médiane et à 2 cm au-dessus de la protubérance occipitale externe et fixée sur le cuir chevelu , préalablement rasé, à l'aide de collodion.
- une électrode reliée à la masse est appliquée au niveau du front.
- deux électrodes oculaires avec des verres de contact spéciaux permettent le recueil de l'E.R.G.

4°- Amplificateurs .

Nous disposons de quatre amplificateurs TEKTRONIX dont le but est d'amplifier les potentiels occipitaux (de l'ordre du μV) et rétiens (de l'ordre de $100 \mu V$) recueillis .

La constante de temps est une seconde, la bande passante est de 0,2 Hz à 400 k Hz, le gain de 1 000 environ pour les P.E.V. La constante de temps est de 0,2 seconde, la bande passante est de 0,8 Hz à 250 Hz, le gain de 100 environ pour l'E.R.G.

5°- Moyenneurs de transitoires .

Le moyennage est effectué par un appareil de sommation à entrée analogique ART 1 000 dont le principe est développé dans la thèse de PLANE. Un écran cathodique permet l'observation des P.E.V. et E.R.G.

Les conventions électrorétinographiques sont respectées : toute déflexion vers le haut traduit une positivité de l'électrode.

6°- Appareil photographique.

Les tracés sont filmés par une caméra POLAROID qui fournit immédiatement les tracés observés sur l'écran du sommateur.

C - Protocole expérimental .

Il est également identique au protocole utilisé chez l'adulte.

a) Enregistrement des P.E.V. en stimulation blanche :

- la durée d'analyse est fixée à 500 ms.
- le nombre de passages est de 100.

b) Enregistrement des P.E.V. par photostimuli rouges interférentiels, puis bleus interférentiels.

c) Enregistrement des E.R.G. par stimulation blanche puis orange WRATTEN.

- la durée d'analyse est de 200 ms.
- le nombre de passages est de 50.

II - CONDITIONS PARTICULIERES D'ENREGISTREMENT CHEZ LE NOURRISSON

Nous soulignons de nouveau notre volonté de travail dans des conditions absolument superposables à celles de l'adulte. Notre dispositif expérimental, notre protocole d'enregistrement, nous venons de le voir, sont identiques, mise à part l'utilisation d'électrodes de plus petit calibre (8 mm de diamètre) et fixés au revêtement cutané à l'aide de collodion chez les plus petits.

La seule différence réside dans la difficulté de recueil du P.E.V. en raison du jeune âge de nos patients et surtout de la survenue d'épisodes de cris et d'agitation difficiles à calmer.

De cette difficulté même naissent deux notions capitales à préciser dans cette étude du P.E.V. en pédiatrie :

A - La nécessité de proscrire toute prémédication.

Etant donné la difficulté de travailler sur un nourrisson calme, il paraîtrait tentant de faire appel à une prémédication. Celle-ci est en fait à proscrire de façon absolue pour deux raisons :

- le recueil du P.E.V. doit être une méthode d'inocuité totale .
- il est actuellement bien démontré que toute drogue à visée calmante est susceptible de déprimer les activités électriques centrales.

C'est ainsi que CORLETTO et coll. (73) assistent au cours de 6 narcoses barbituriques à une réduction d'amplitude de leurs tracés qui peut atteindre 77 %, voire à l'impossibilité d'en reconnaître les différentes composantes.

De même, CORSEN et DOMINO (75) dans un travail d'anesthésiologie, proposent la technique des P.E.V. pour sélectionner diverses drogues utilisées en prémédication en jugeant de leur efficience à supprimer l'activité bioélectrique et à provoquer le sommeil.

Aucune thérapeutique n'a donc été administrée lors de notre étude. Nous avons essayé d'effectuer nos enregistrements après la prise d'un biberon, période où le nourrisson est le plus calme, voire en voie d'endormissement ou endormi. De là découle notre deuxième remarque qui est en fait une critique à notre travail.

B - P.E.V. et niveau de vigilance .

Nous regrettons vivement de n'avoir pu apprécier le niveau de vigilance et la phase de sommeil où se trouvent nos enfants en l'absence de montage électroencéphalographique couplé. Nous verrons plus loin que c'est une des raisons pour laquelle nous avons négligé l'amplitude de nos tracés au cours de l'étude de leur maturation et que nous resterons prudents dans l'interprétation des tracés pathologiques.

En effet, les modifications du P.E.V. au cours des états de veille et de sommeil ont été établis par divers auteurs :

HERZ et coll. chez le chat (139) en 1966,

CIGANEK (55) en 1961,

CORLETTTO et GENTILOMO (73) en 1966 ont comparé les tracés au cours du sommeil physiologique, de narcoses barbituriques, de comas post-traumatiques et de comas consécutifs à un électrochoc.

KASSABGUI, PASSOUANT et CADILHAC (164) en 1966 chez l'enfant assistent :

- lors du sommeil lent à une augmentation d'amplitude et à l'individualisation d'une onde tardive culminant à 300 - 350 ms.
- lors du sommeil rapide, à une diminution de l'amplitude et à la persistance de l'onde tardive.

C'est essentiellement donc la partie tardive qui subit des modifications dans son amplitude, les premières composantes subissant seulement un allongement du temps de latence.

Finalement l'exploration électrophysiologique des voies visuelles de l'enfant : E.R.G. couplé au P.E.V. apparaît donc identique à celle de l'adulte. Seul le jeune âge de nos patients rend ces techniques plus délicates.

.....

CHAPITRE III

RESULTATS NORMAUX

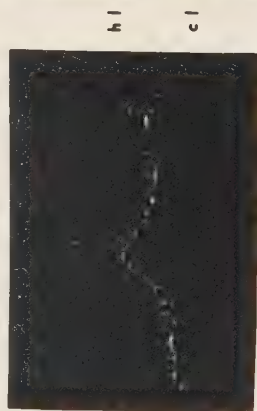
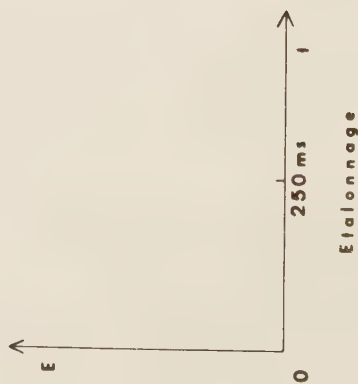
Notre étude de la maturation du P.E.V. selon l'âge a porté sur :

- 12 prématurés.
- 30 nourrissons d'âges allant jusqu'à dix mois, hospitalisés à la Clinique Médicale Infantile pour une cause extra-neurologique, en général d'origine digestive : gastro-entérites aiguës ou diarrhées parentérales.
- 2 enfants du Centre de l'Enfance suivis mois par mois jusqu'à l'âge de quatre mois.

Le développement psychomoteur de ces enfants était absolument parfait, l'état somatique général normal. Nous nous sommes donc contentés chez ces enfants normaux d'un examen ophtalmologique succinct : recherche des principaux réflexes, fond d'oeil et pour simplifier la technique de recueil du P.E.V. nous nous sommes bornés à une stimulation unilatérale.

I - EVOLUTION DU P.E.V. PAR STIMULATION EN LUMIERE BLANCHE

Cette évolution s'apprécie sur trois caractéristiques essentielles :



(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 1 -

E : différence de potentiel ; t : temps

hl : réponse homolatérale ; cl : réponse controlatérale.

- La morphologie du P.E.V.
- L'amplitude du P.E.V.
- Le temps d'apparition de l'onde V.

A - La morphologie du P.E.V.

La réponse occipitale du prématuré ou du nouveau-né est une réponse tardive, caractérisée par un tracé uniphasique, soit positif, soit négatif, culminant à 250 - 300 ms.

A un mois et demi ou deux mois, suivant les sujets, apparaissent de nouveaux complexes avec une onde négative précoce (75 ms) suivie de l'accident précédemment décrit qui, dans certains cas, prend un aspect bifide. En fin d'évolution, la caractéristique essentielle est la différenciation d'ondes précoces (40 ms) essentiellement variables.

Ainsi la figure I montre :

- 1° - Le P.E.V. d'un prématuré né après une grossesse de sept mois et âgé de huit semaines lors de l'examen : (a) sur la figure.
Une seule onde positive est individualisée. Elle débute à 150 ms, culmine à 225 ms et se termine à 350 ms.
- 2° - Le P.E.V. obtenu chez un nouveau-né à terme et âgé de sept jours : (b) sur la figure.
Seule la réponse controlatérale est de bonne qualité et permet de noter une onde positive débutant à 100 ms culminant à 150 ms et se terminant à 250 ms.
- 3° - Le P.E.V. d'un nourrisson de deux mois : (c) sur la figure.
Aucune onde précoce n'est encore visible. Par contre, une grande onde positive bifide apparaît à 100 ms et culmine respectivement à 150 et à 225 ms. Après 275 ms, les variations au-dessus de la ligne isoélectrique désignent la post-décharge et représentent vraisemblablement le rythme cérébral.
- 4° - Le P.E.V. d'un nourrisson de six mois : (d) sur la figure.
Deux ondes précoces sont nettement visibles : la première positive culmine à 75 ms; la deuxième négative à 100 ms. Elles sont suivies d'une onde ample positive non bifide. La déflexion observée vers 350 ms fait partie de la post-décharge.

B - L'amplitude du P.E.V.

Nous l'avons négligée contrairement à la majorité des auteurs et ceci pour deux raisons majeures:

- 1° - Les modifications de l'amplitude en fonction du niveau de vigilance, que nous avons signalées lors de notre étude technique.
- 2° - Nous-mêmes, à la suite de plusieurs auteurs, avons été frappés par la différence d'amplitude entre les deux réponses hémisphériques obtenues par stimulation du même oeil et ceci en l'absence de toute atteinte pathologique (qui impliquerait pour Norma WIOLAND [292] une réduction d'amplitude d'au moins 50 %). Ces variations normales peuvent s'expliquer :
 - a) par la difficulté de placer deux électrodes avec une symétrie parfaite par rapport à l'inion.
 - b) par l'absence possible de relation entre la symétrie des électrodes au niveau cutané et la symétrie corticale.
 - c) par la non similitude de fonctionnement des deux aires visuelles.

Ces deux dernières hypothèses formulées par WIOLAND (292) dans sa thèse prennent appui sur les résultats de REMOND (239) à savoir l'inégalité des réponses recueillies symétriquement sur une ligne transversale passant par l'inion avec une amplitude maximale d'un côté.

Ces variations d'amplitude sont à rapprocher également des différences de polarité obtenues par MONNIER (205) en 1953, CONTAMIN et CATHALA (69) en 1961, REMOND (239) en 1961 lors de l'analyse des nappes spatio-temporelles, EBE (99) en 1962, CHAU-HUU (53) en 1965 et nous-mêmes. Ces variations pouvant être simplement la traduction du franchissement d'une équipotentielle par l'électrode de recueil qui ne peut toujours être rigoureusement située au même endroit.

C - Temps d'apparition de l'onde V.

Il représente le temps compris entre le début de la stimulation et le début de l'onde que nous appellerons V et qui est la première à apparaître dès les premiers jours de la naissance.

1° - Chez le prématuré.

Nous avons réuni les résultats obtenus chez les 12 prématurés examinés dans un tableau indiquant par ailleurs la durée de la gestation appréciée selon les critères neurologiques donnés par ANDRE THOMAS et SAINT-ANNE DARGASSIES (10) et l'âge au moment où notre examen a été effectué.

NOM	Durée Approximative de la grossesse en semaines	Age lors de l'examen en semaines	Temps d'apparition de l'onde V en ms
BAR. Eliane	32	2	Tracé éteint
PUI. Thierry	32	4	200
IDR. Aïda	32	4	200
ARV. Carole	36	3	175
GAR. Yves	36	4	175
MAC. Thierry	36	4	175
GAB. Sylvie	36	6	175
DEM. Olivier	32	8	150
TRE. Béatrice	32	8	150
DAN. Patrick	36	2	150
DUP. J.Jacques	36	2	150
BIS. Carole	32	12	135

La diminution du temps d'apparition de l'onde V et donc le gain de vitesse de conduction sont évidents à l'analyse de nos résultats si l'on prend soin d'additionner l'âge gestationnel et l'âge au moment où l'examen électrophysiologique est pratiqué. Ainsi chez un prématuré de 32 semaines et examiné à l'âge de 4 semaines, le temps d'apparition de l'onde V

est de 200 ms alors qu'il est seulement de 150 ms chez un enfant de même âge gestationnel mais examiné à l'âge de huit semaines, puis de 135 ms si l'examen est effectué à la douzième semaine.

2° - Chez les nourrissons à terme . Nous avons relevé un temps de :

- 150 ms chez un nouveau-né de 7 jours .
- 135 ms à un mois .
- 125 ms à un mois et demi .
- 100 ms à deux mois .
- de 100 à 85 ms chez les nourrissons de 4 à 10 mois.

Une remarque peut déjà être formulée aux vues de nos résultats : nous voyons se dessiner nettement une cassure dans les modifications du temps d'apparition de l'onde V (semblable à celle notée par EL-LINGSON [105]).

- Raccourcissement net jusqu'à l'âge de deux mois avec passage de 200 ms chez nos plus grands prématurés, à 125 ms - 100 ms chez les nourrissons à terme et âgés de deux mois.
- Au contraire, une stabilisation du temps de latence à partir de deux mois aux environs de 100 à 85 ms.

II - EVOLUTION DU P.E.V. PAR STIMULATION MONOCHROMATIQUE

Aucune étude semblable n'a été effectuée jusqu'alors chez l'enfant.

Nous avons voulu appliquer par ce mode de stimulation le principe développé en électrorétinographie par ALFIERI et SOLE [5], à savoir la différenciation des réponses photopiques et scotopiques par l'utilisation de lumière monochromatique de longueur d'onde sélective suivant le système étudié.

Nous nous sommes attachés à reconnaître l'existence ou non d'une réponse sans nous attarder à la morphologie. C'est à l'âge d'un mois que nous semble apparaître une réponse et à partir de trois mois celle-ci semble avoir acquis sa morphologie définitive.

A - En lumière monochromatique rouge. ($\lambda = 658 \text{ nm}$)

Il nous a été impossible de recueillir une réponse à ce mode de stimulation chez les 12 prématurés et chez les nourrissons à terme avant l'âge d'un mois. C'est à un mois que nous observons la première réponse caractérisée par un seul accident uniphasique ayant une latence de 100 ms.

A trois mois, apparaît une deuxième onde plus tardive puisque culminant à 200 ms mais de moindre amplitude.

A partir de trois mois, aucune différenciation ne survient dans l'allure générale de la réponse.

Sur la figure II sont réunis quatre exemples de P.E.V. en photostimulation monochromatique rouge (650 nm).

1° - Le P.E.V. recueilli chez un prématuré : (a) sur la figure.

Aucune réponse n'est décelable.

2° - Le P.E.V. d'un nouveau-né à terme : (b) sur la figure.

Là encore, aucune onde ne peut être individualisée.

3° - Le P.E.V. d'un nourrisson de trois mois : (c) sur la figure.

Nous pouvons noter une onde positive culminant à 200 ms mais sur le tracé présenté, nous n'observons pas d'onde précoce (aux environs de 100 ms) comme chez certains enfants de même âge.

4° - Le P.E.V. d'un nourrisson de six mois : (d) sur la figure.

Ce tracé est d'interprétation difficile. Cependant, il montre une onde négative précoce (débutant à 100 ms et se terminant à 175 ms) nette au niveau de la réponse homolatérale.

Une remarque doit être faite :

La difficulté d'obtenir une bonne réponse en photostimulation monochromatique rouge durant les six premiers mois de la vie, explique la qualité médiocre de nos tracés au rouge durant cette période (les tracés au bleu, nous allons le voir, sont au contraire d'obtention facile). Nous sommes tentés de voir là une preuve du retard de différenciation maculaire. Au contraire, à partir du 6ème mois les réponses sont aussi facilement obtenues en lumière rouge qu'en lumière bleue.

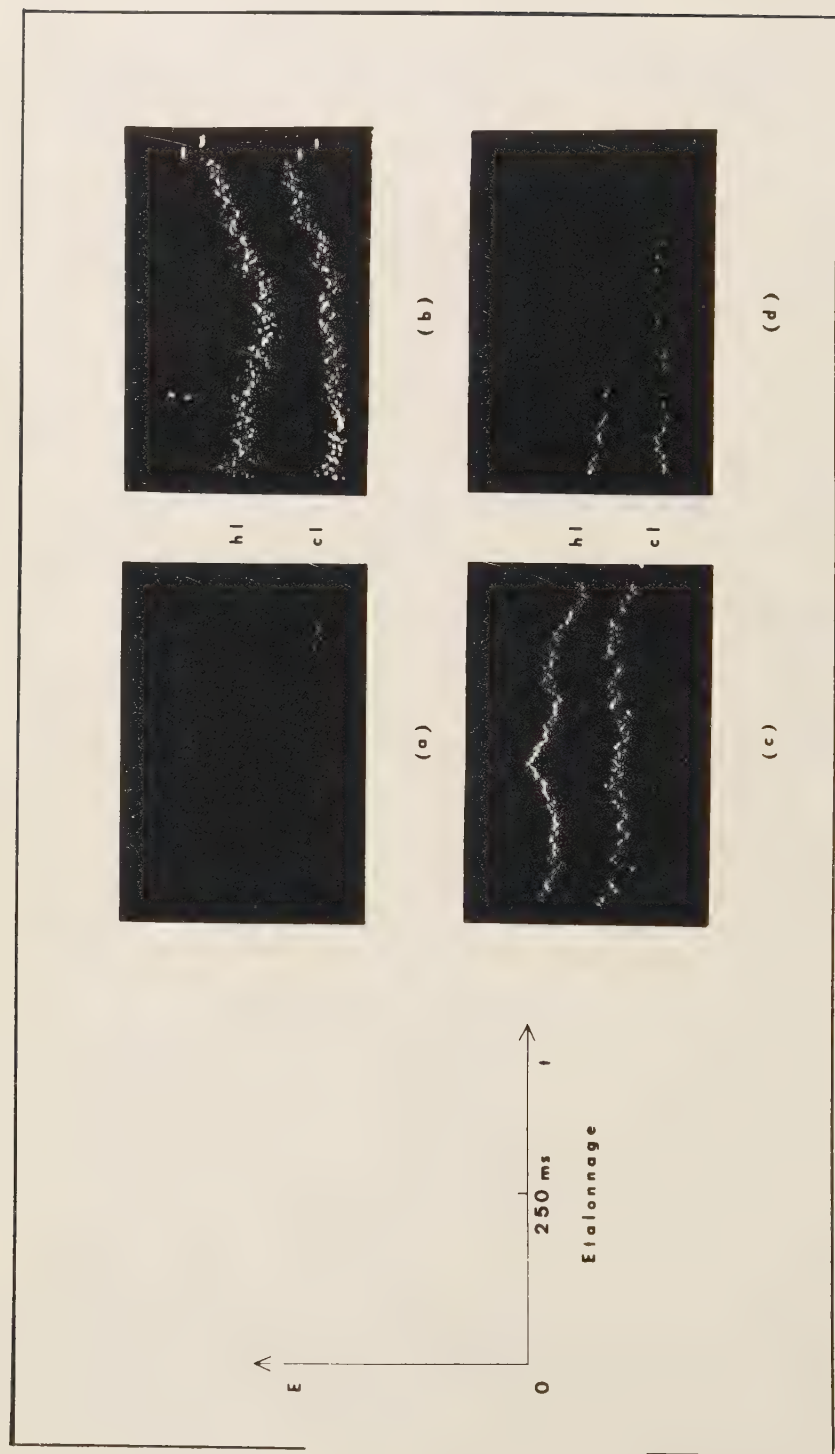
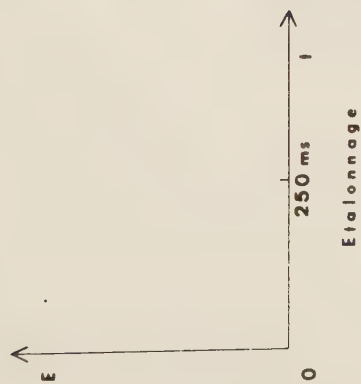
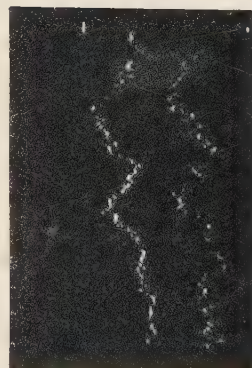


Fig. II

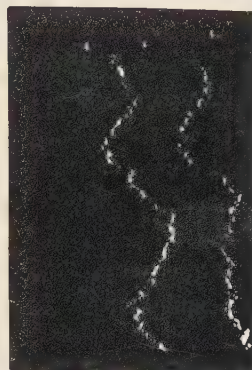
E : différence de potentiel ; t : temps



(a)



(b)



(c)

(d)

Fig. III

E : différence de potentiel ; t : temps

hl : réponse homolatérale ; cl : réponse controlatérale.

B - En lumière monochromatique bleue.

($\lambda = 450$ nm, puis $\lambda = 407$ nm)

Nos résultats sont comparables à ceux obtenus après stimulation au rouge en ce sens que notre première réponse apparaît à l'âge d'un mois sous l'aspect d'un accident unique tardif, se différenciant seulement du tracé au rouge par un temps de latence plus important (250 - 275 ms).

A trois mois, s'individualise un accident plus précoce à 200 ms, de faible amplitude.

Cette évolution est bien visible sur les tracés de la figure III :

1° - Le P.E.V. d'un prématuré : (a) sur la figure.

Aucune variation de la ligne isoélectrique n'est décelable.

2° - Le P.E.V. d'un nourrisson d'un mois : (b) sur la figure.

Il existe une onde négative débutant à 275 ms et se terminant à 300 ms.

3° - Le P.E.V. d'un nourrisson de trois mois : (c) sur la figure.

Le tracé a atteint sa morphologie habituelle et permet de noter une onde négative de faible amplitude de 100 à 200 ms, suivie de l'onde négative tardive culminant à 275 ms et précédemment décrite.

4° - Le P.E.V. d'un nourrisson de six mois : (d) sur la figure.

Le tracé est superposable au précédent et l'onde tardive à 250 ms est aisément reconnaissable.

C - Tracé au jaune.

Chez trois enfants particulièrement coopérants, nous avons pu prolonger l'examen et compléter notre étude en lumière monochromatique rouge et bleue par une étude au jaune.

En comparant les tracés obtenus aux trois modes de stimulation : bleu, rouge, et jaune, nous retrouvons dans le tracé au jaune la «superposition» des tracés au bleu et au rouge avec un accident précoce pour la partie photopique, un accident tardif (entre 250 et 300 ms) unique variable avec l'état d'adaptation pour la partie scotopique.

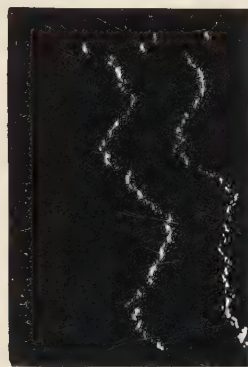


Fig. IV

E : différence de potentiel ; t : temps.

Un exemple en est fourni par la figure IV qui réunit les P.E.V. enregistrés au jaune (a), au rouge (b), au bleu (c) chez un nourrisson de six mois.

Notre étude personnelle de la maturation du P.E.V. dans les premiers mois de la vie nous permet donc de dégager certaines données essentielles :

1° - En photostimulation blanche.

- l'évolution du P.E.V. selon l'âge avec des variations morphologiques et temporelles (l'amplitude des tracés ayant été volontairement négligée) ;
 - chez le prématuré et chez le nouveau-né à terme, présence d'une seule onde débutant aux environs de 150 à 200 ms suivant l'âge.
 - à partir du deuxième mois, individualisation d'ondes précoces à 75 ms puis à 40 ms.
- l'importance du *troisième mois* qui semble représenter un cap dans la maturation du P.E.V. avec apparition d'ondes précoces et stabilisation de la vitesse de conduction.

2° - En photostimulation monochromatique rouge et bleue.

- la possibilité de dissocier au niveau cortical les fonctions scotopiques et photopiques chez le très jeune enfant.
 - l'obtention retardée, à l'âge d'un mois seulement chez le nouveau-né à terme, d'une réponse occipitale à ce mode de photostimulation.
 - la faible amplitude du P.E.V. au rouge durant les six premiers mois de la vie, traduction vraisemblable de l'immaturité de la macula et du faisceau maculaire.
-

CHAPITRE IV

INTERPRETATION

Au terme de cette étude, il apparaît clairement que :

- tous les auteurs s'accordent à reconnaître trois variations essentielles dans l'évolution du P.E.V. selon l'âge :

un enrichissement progressif du tracé .

des modifications d'amplitude ,

un gain de vitesse de conduction.

- nos propres résultats en photostimulation blanche sont également concordants.

Il existe cependant certaines divergences qui se situent sur deux plans essentiellement :

technique .

conceptuel, c'est-à-dire d'interprétation à proprement parler des divers tracés en fonction de la maturation anatomique et fonctionnelle.

I - DIVERGENCES TECHNIQUES

Pour diminuer leur importance, il suffit de bien définir les conditions de travail et d'appareillage avant d'aborder chaque groupe de résultats. Elles sont liées à divers facteurs :

a - L'appareillage dont dépend la qualité des tracés suivant qu'ils sont obtenus par :

- méthode de superposition photographique (méthode de DAWSON [79]).
- moyenneurs de transitoires de divers types (ART 1000 dans notre cas), en passant ou non par l'intermédiaire d'un enregistrement magnétique.

b - L'existence ou non d'une prémédication susceptible d'expliquer l'obtention des premières réponses à un âge plus tardif.

c - Les différences de conventions, au nombre de trois ;

1° - La désignation des différentes ondes

Chiffrées par la majorité des auteurs I, II, III, IV, V. Elles sont au contraire désignées par une lettre par FERRISS (114) : N1, N2 - P1, P2.

2° - La polarité

La plupart des travaux adoptent en effet la nomenclature selon laquelle tout accident au-dessus de la ligne isoélectrique est négatif et inversement.

Nous avons quant à nous adopté les mêmes conventions qu'en électrorétinographie et nommons positive toute déflexion dirigée vers le haut, c'est-à-dire correspondant à une positivité de l'électrode de recueil.

3° - La définition du temps de latence.

Stricto sensu, un temps de latence est le temps compris entre le début d'une stimulation et le début de la réponse (première variation par rapport à la ligne iso-électrique).

Du fait de l'enrichissement progressif des tracés avec apparition d'accidents de plus en plus précoces, les auteurs expriment souvent par temps de latence :

- soit le temps compris entre le début de la stimulation et le sommet de l'onde considérée, c'est en fait le temps de culmination de cette onde.
- soit le temps compris entre le début de la stimulation et le pied de cette même onde, c'est alors le temps d'apparition de cette onde (qui se confond avec le temps de latence s'il s'agit de l'onde la plus précoce) définition que nous avons adoptée pour notre étude de maturation.

II - DIVERGENCES CONCEPTUELLES

Elles nous paraissent de plus grande importance. Certes, tous les auteurs s'accordent à penser que le P.E.V. est le reflet de l'évolution anatomique et fonctionnelle dans son ensemble des voies optiques et de l'écorce cérébrale. Le problème essentiel paraît résider pour nous dans la date de mise en jeu de la vision photopique.

Nous avons déjà abordé les divergences existant en électrorétinographie et les nombreuses preuves qui font reconnaître à l'heure actuelle une dualité rétinienne très précoce.

Les mêmes divergences se retrouvent en matière de P.E.V. : c'est ainsi qu'ELLINGSON (105) se base sur les travaux électrorétinographiques de B. ZETTERSTRÖM (296) et reconnaît une fonction photopique, à l'interprétation de ces tracés, seulement à la 4^{ème} semaine; par contre, FERRISS (114) obtient des accidents habituellement considérés d'origine photopique dès la première semaine, YOKOYAMA (294-295) dès la naissance.

Nous n'avons pas retrouvé de références concernant une étude du P.E.V. en lumière monochromatique chez le nourrisson. Aussi, dans nos résultats un fait nous semble essentiel : *c'est l'obtention pour la première fois à partir de l'âge de 1 mois d'un tracé en lumière monochromatique rouge, obtention qui coïncide avec l'apparition pour la première fois au même âge d'ondes précoces en lumière blanche. Ceci nous permet d'affirmer le caractère photopique de ces ondes précoces (caractère déjà pressenti par certains auteurs) puisque la longueur d'onde de notre stimulation rouge intéresse seulement le système photopique.*

En conclusion, le P.E.V. du nourrisson évolue parallèlement au développement psycho-somatique de celui-ci pour se rapprocher progressivement d'un tracé d'adulte avec des variations :

- de morphologie .
- d'amplitude .
- des facteurs temporels.

Notre but a été d'établir un profil évolutif du P.E.V. et de le confronter aux autres résultats avant d'aborder avec prudence le problème du P.E.V. en pathologie , avec cependant toujours en toile de fond l'idée de faire la part entre ce qui revient à la fonction photopique et ce qui revient à la fonction scotopique.

DEUXIEME PARTIE

**POTENTIELS EVOQUES VISUELS DANS LES TROUBLES
DE LA FONCTION VISUELLE EN PEDIATRIE**

CHAPITRE I

POTENTIELS EVOQUES VISUELS DANS LES ATTEINTES DE L'ETAGE PRERETINIEN

Devant une atteinte des milieux réfringents de l'oeil, le clinicien est relativement désarmé. Si, en effet, il dispose toujours d'épreuves lui permettant un bilan fonctionnel, il est au contraire souvent privé des renseignements ophtalmoscopiques et donc dans l'impossibilité d'apprécier l'état de la rétine et de la papille derrière une opacité de la cornée, du cristallin ou du vitré.

Notre but est le suivant : une lésion de l'étage de transmission optique a-t-elle une influence sur les P.E.V. et quel peut-être l'intérêt de cette technique habituellement capable d'apprécier les voies visuelles sur tout leur trajet de la rétine jusqu'au cortex visuel.

I - RESULTATS

Nous avons recueilli quatre observations concernant des enfants suivis dans une institution de jeunes aveugles. Une subdivision apparaît suivant le caractère isolé ou non de l'atteinte des milieux réfringents de l'oeil.

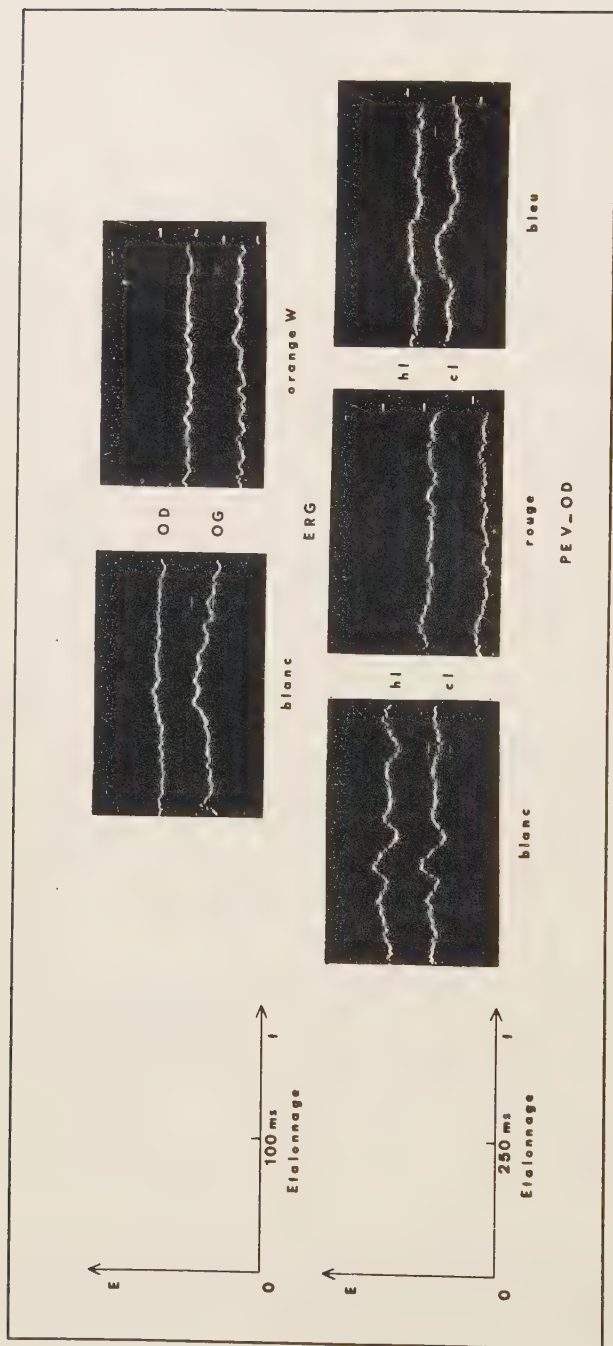


Fig. V

E : différence de potentiel ; t : temps.
 E.R.G. : électrorétinogramme ; P.E.V. : potentiel évoqué visuel.
 OD : oeil droit ; OG : oeil gauche.
 hl : réponse homolatérale ; cl : réponse controlatérale.

A - Atteintes isolées des milieux réfringents.

1° - Observations personnelles.

a - Analyse.

Observation n° 1 : ROL ... Nadine - 10 ans. (cf. Fig. V)

Uvéite bilatérale au cours d'une polyarthrite rhumatoïde ;
kératite en bandelettes. Ne reconnaît pas un objet à 10 cm.

E.R.G.

Au blanc et à l'orange Wratten : tracés éteints.

P.E.V. Oeil droit et oeil gauche.

Tracés normaux pour les trois types de photostimulation.

Observation n° 2 : BON ... Bernard - 11 ans.

Aniridie avec colobome du cristallin bilatéral.

E.R.G.

Examen impossible sur cet enfant instable et trémulant.

P.E.V. Oeil droit.

En lumière blanche : disparition des ondes précoces; présence d'une seule onde de faible amplitude débutant à 175 ms.

En lumière rouge : tracés éteints.

En lumière bleue : tracés éteints.

Oeil gauche.

Tracés normaux pour les trois types de photostimulation.

b - Synthèse.

L'exploration électrophysiologique de ces deux enfants permet de noter :

a) Sur l'E.R.G.

Un tracé éteint, celui de l'observation n° 1.

Une impossibilité de recueil dans l'observation n° 2 en raison de l'agitation de l'enfant.

β) Sur les P.E.V.

En lumière blanche.

Des tracés :

- soit rigoureusement normaux dans l'observation n° 1, ainsi que ceux obtenus par stimulation de l'oeil gauche dans l'observation n° 2.
- soit réduits à une seule onde tardive pour les P.E.V. recueillis par stimulation de l'oeil droit dans l'observation n° 2.

En lumière monochromatique.

Des tracés rigoureusement normaux au rouge et au bleu dans l'observation n° 1 ainsi que ceux induits par la stimulation de l'oeil gauche dans l'observation n° 2.

2° - Revue bibliographique.

Le caractère normal des P.E.V. dans les atteintes isolées des milieux transparents de l'oeil apparaît dans les deux seuls travaux que nous avons pu retrouver dans la littérature et qui sont consacrés à ce problème.

Ainsi, en 1964, COPENHAVER et PERRY (71) recherchent les relations pouvant exister entre la diminution de l'acuité visuelle et les variations des P.E.V. à partir de quatre groupes de sujets :

- un lot témoin.
- 18 cas d'atteintes dites « neurales » parmi lesquelles des lésions rétinienne et du nerf optique.
- 11 cas regroupant des opacités de la cornée, du cristallin ou du vitré et ayant été sélectionnés en raison de l'unilatéralité des lésions.
- enfin 9 vices de réfraction.

Tous les P.E.V. recueillis dans les troubles des milieux transparents de l'oeil sont strictement normaux alors que, pour une baisse d'acuité visuelle similaire, d'importantes modifications des réponses occipitales s'observent dans les atteintes dites « neurales ». De même, les vices

de réfraction influent peu sur les P.E.V. et seule la mise en place d'une lentille convexe de dix dioptries devant un oeil normal est susceptible de modifier les P.E.V.

La deuxième étude effectuée en 1968 par SCHREINEMACHERS (253) porte sur vingt cinq cataractes unilatérales d'étiologies diverses et n'objective aucune différence entre les P.E.V. obtenus respectivement à partir de l'oeil sain et à partir de l'oeil aveugle.

3° - Conclusions.

Dans les atteintes isolées des milieux réfringents de l'oeil,

En lumière blanche :

Les P.E.V. apparaissent généralement normaux. Cette opinion se dégage également des travaux retrouvés dans la littérature.

En lumière monochromatique :

Les P.E.V. de l'observation n° 1 sont rigoureusement normaux ; nous n'avons pas retrouvé d'étude d'autres auteurs permettant une comparaison.

B - Atteintes des milieux réfringents associés à l'atteinte de la rétine ou du nerf optique.

1 ° - Observations personnelles.

a - Analyse.

Observation n° 3 : MAH ... Jean-François - 6 ans. (cf Fig. VI)

Cataracte congénitale opérée avec microphthalmie. Acuité visuelle inférieure à 1/10ème.

E.R.G.

Au blanc : atteinte du photopique.

A l'orange Wratten : tracés éteints.

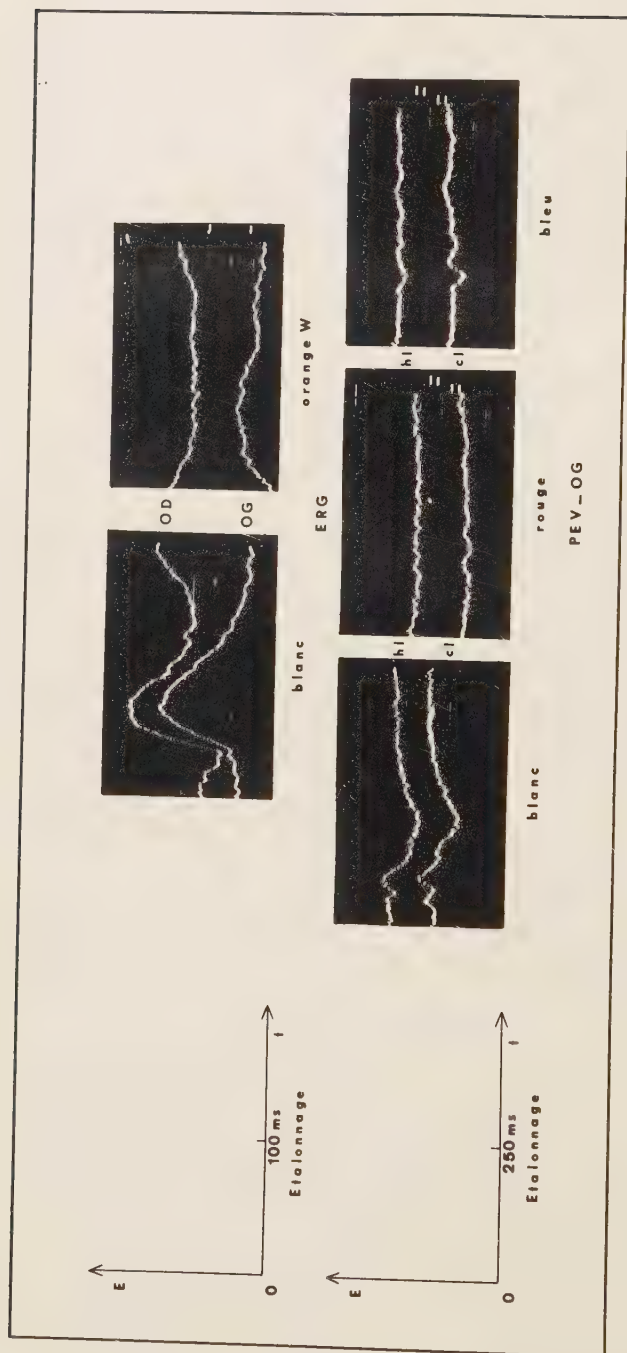


Fig. VI

E : différence de potentiel ; t : temps.
 ERG : électrorétinogramme ; P.E.V. : potentiel évoqué visuel.
 OD : oeil droit ; OG : oeil gauche.
 hl : réponse homolatérale ; cl : réponse controlatérale

P.E.V. Oeil droit et oeil gauche.

En lumière blanche : tracés normaux.

En lumière rouge : tracés éteints.

En lumière bleue : tracés éteints.

Observation n° 4 : GOU ... Jeanne - 13 ans.

Fibroplasie rétro-lentale. Acuité visuelle inférieure à 1/20ème pour l'oeil droit et à 1/10ème pour l'oeil gauche.

E.R.G.

Au blanc : tracés presque éteints.

A l'orange Wratten : tracés éteints.

P.E.V. Oeil droit.

Tracés éteints aux trois modes de photostimulation.

Oeil gauche.

En lumière blanche : réponses normales.

En lumière rouge : tracés éteints.

En lumière bleue : tracés éteints.

b - Synthèse.

Comme pour le premier groupe, nous étudierons les résultats de l'E.R.G. et les résultats des P.E.V. permettant de noter :

α) Sur l'E.R.G.

Dans l'observation n° 3, une atteinte du système photopique ; un tracé pratiquement éteint dans l'observation n° 4.

β) Sur les P.E.V.

En lumière blanche :

Des tracés :

- soit normaux dans l'observation n° 3 pour les deux yeux, dans l'observation n° 4 par stimulation de l'oeil gauche.

- soit éteints (Obs. 4).

En lumière monochromatique :

Des P.E.V. éteints pour les deux observations.

2° - Revue bibliographique.

Nous n'avons pas retrouvé d'étude semblable au cours de notre recherche bibliographique.

3° - Conclusions.

Nos résultats sont évidemment très fragmentaires mais l'existence de modifications morphologiques ou temporelles des tracés pouvant aller jusqu'à leur extinction plaide en faveur d'une lésion associée (rétine ou nerf optique).

II - DISCUSSION et CONCLUSIONS

Deux groupes de commentaires s'imposent :

- sur les résultats électrorétinographiques.
- sur les résultats des P.E.V.

A - Sur les résultats électrorétinographiques.

Les réponses rétinienne dans les atteintes des milieux réfringents de l'oeil sont normales pour un certain nombre d'auteurs ; ainsi JAYLE (153 - 154) reconnaît simplement « une légère augmentation d'amplitude du tracé dû à un phénomène de diffraction lumineuse ». Par voie de conséquence une altération de l'E.R.G. au cours d'opacités de la cornée, du cristallin ou du vitré signerait une atteinte rétinienne. En fait, deux mécanismes peuvent rendre compte des modifications de l'électrorétinogramme :

1° - Une réduction quantitative du flux lumineux, liée à l'atteinte de « l'éta-ge de transmission optique du photostimulus qui doit successivement traverser le diaphragme irien ..., et les milieux transparents » (ROUHER, ALFIERI, SOLE [243]). Cette variation de flux apparaît être responsable des perturbations électrorétinographiques de notre observation n° 1 par exemple.

2° - Une atteinte fonctionnelle des photorécepteurs et des cellules bipolaires qui constituent les étages de réception et de codage intervenant dans l'électrogenèse de l'E.R.G. (ALFIERI, SOLE [4 et 6]).

La possibilité d'altérations de l'E.R.G. au cours d'une cataracte par le premier mécanisme ne doit pas être oubliée dans l'établissement du bilan fonctionnel préopératoire de cette cataracte.

B - Sur les résultats des P.E.V.

Notre matériel clinique est trop restreint pour pouvoir affirmer personnellement l'intégrité des réponses occipitales dans les déficits visuels par opacités de la cornée, du cristallin ou du vitré. Cette opinion se dégage cependant des résultats bibliographiques. L'existence de modifications des P.E.V. traduirait alors l'existence d'une lésion associée de la rétine ou du nerf optique difficile voire impossible à objectiver par l'examen ophtalmoscopique. Deux de nos observations en apportent la preuve : ainsi l'observation n° 4 concerne un enfant atteint de fibroplasie rétro-lentale susceptible de toucher non seulement les milieux réfringents de l'oeil mais également la rétine (son étude avec les atteintes de l'étage prérétinien est d'ailleurs arbitraire car cette phlébopathie est généralement intégrée dans le cadre des rétinopathies). De même l'observation n° 3 intéresse une cataracte explorée après l'intervention qui n'avait entraîné aucune amélioration de l'acuité visuelle.

Le P.E.V. apparaît donc rigoureusement normal dans les atteintes de l'étage prérétinien en l'absence de lésions associées rétiniennes ou rétro-rétiniennes. L'existence d'altérations électrorétinographiques contrastant avec l'obtention de réponses occipitales normales vient étayer l'hypothèse formulée par TEPAS et ARMINGTON (270) qui suggéraient que le P.E.V. peut être provoqué par une stimulation d'intensité trop faible pour permettre l'obtention d'un tracé électrorétinographique par les méthodes classiques.

En conclusion, du rapprochement de nos observations personnelles et des données bibliographiques, nous pouvons :

- 1° - Préjuger de l'intégrité du P.E.V. dans les atteintes isolées de l'étage prérétinien, qu'il s'agisse d'opacités de la cornée, du cristallin ou du vitré alors que l'E.R.G. est parfois altéré.
- 2° - Affirmer l'intérêt du P.E.V. dans l'appréciation d'une lésion associée (au niveau de la rétine ou du nerf optique), intérêt d'autant

plus grand que l'examen ophtalmoscopique est généralement impossible.

- 3° - Reconnaître ainsi au P.E.V. une valeur pronostique dans le bilan préopératoire d'une cataracte : si le P.E.V. est normal bien que l'on obtienne un E.R.G. perturbé seule la cataracte interviendrait dans le déficit visuel ; le P.E.V. est-il au contraire perturbé, l'intervention ne résoudra vraisemblablement pas tous les problèmes et une autre atteinte est certainement associée ; l'interposition de filtres interférentiels rouge et bleu permettra alors de différencier une atteinte maculaire ou périphérique.
-

CHAPITRE II

POTENTIELS EVOQUES VISUELS DANS LES ATTEINTES DE L'ETAGE RETINIEN

Les atteintes de l'étage rétinien se classent en trois groupes définis sur des critères cliniques et électrorétinographiques :

- atteintes maculaires : cinq observations.
- atteintes rétiniennes périphériques : deux observations.
- atteintes rétiniennes globales, maculaire et périphérique : huit observations.

Dans ce dernier, il nous a paru intéressant de faire une distinction selon le caractère intrinsèque (6 observations) ou au contraire extrinsèque (2 observations) de la lésion rétinienne.

I - RESULTATS

La séparation nette des atteintes de l'étage rétinien en trois groupes s'est effectuée sur les données cliniques et électrorétinographiques (atteinte du seul système photopique ou du seul système scotopique ou au contraire atteinte mixte photopique et scotopique).

Remarquons qu'il est habituel de parler d'atteintes centrales et d'atteintes à prédominance périphériques ; notre classification nous a cependant paru indispensable dans l'étude des P.E.V. au cours de ces diverses atteintes pour l'appréciation du rôle respectif de la macula et de la rétine périphérique dans les variations de ces mêmes P.E.V.

A - Atteintes rétiniennes centrales.

1° - Observations personnelles.

Nous avons exploré cinq malades.

a - Analyse.

Observation n° 5 : LAU ... Jean-Luc - 13 ans.

Maladie de Stargardt. Acuité visuelle 1/10ème à droite, 2/10èmes à gauche. Compte les doigts de la main.

E.R.G.

Au blanc : atteinte du photopique (onde b 2 arrondie, disparition de l'onde e).

A l'orange Wratten : tracé éteint.

P.E.V. Oeil droit.

En lumière blanche : réponses hl et cl normales.

Oeil gauche.

En lumière blanche : réponses hl et cl normales.

En lumière rouge : tracés éteints.

En lumière bleue : présence d'un accident de très faible amplitude à 200 ms.

Observation n° 6 : LAU ... Serge - 9 ans.

Frère de l'observation numéro 5.

Maladie de Stargardt. Acuité visuelle 1/10ème pour chaque oeil. Compte les doigts de la main.

E.R.G.

Au blanc : atteinte du photopique.

A l'orange Wratten : tracés éteints.

P.E.V. Oeil droit.

En lumière blanche : présence d'une onde V bifide culminant respectivement à 100 et 175 ms, précédée d'une onde négative débutant à 50 ms.

En lumière rouge : tracés éteints.

En lumière bleue : tracés éteints.

Oeil gauche.

En lumière blanche : réponses hl et cl normales.

En lumière rouge : tracés éteints.

En lumière bleue : tracés éteints.

Observation n° 7 : GUI ... Marie-Thérèse - 8 ans 1/2.

Dégénérescence maculaire bilatérale hérédofamiliale (un frère et une soeur atteints). Aspect poivre et sel au F.O. Acuité visuelle inférieure à 1/10ème pour chaque oeil.

E.R.G.

Au blanc : atteinte du photopique.

A l'orange Wratten : tracés éteints.

P.E.V. Oeil droit.

Tracés éteints aux trois modes de photostimulation.

Oeil gauche.

Tracés également éteints.

Observation n° 8 : PLA ... Guy - 11 ans.

Lésion maculaire bilatérale familiale (frère de l'observation suivante). Acuité visuelle de 2/10èmes pour chaque oeil.

E.R.G.

Au blanc : atteinte du photopique.

A l'orange Wratten : tracés éteints.

P.E.V. Oeil droit et oeil gauche.

En lumière blanche : grande onde positive bifide culminant respectivement à 75 ms et 125 ms.

En lumières rouge et bleue : tracés éteints.

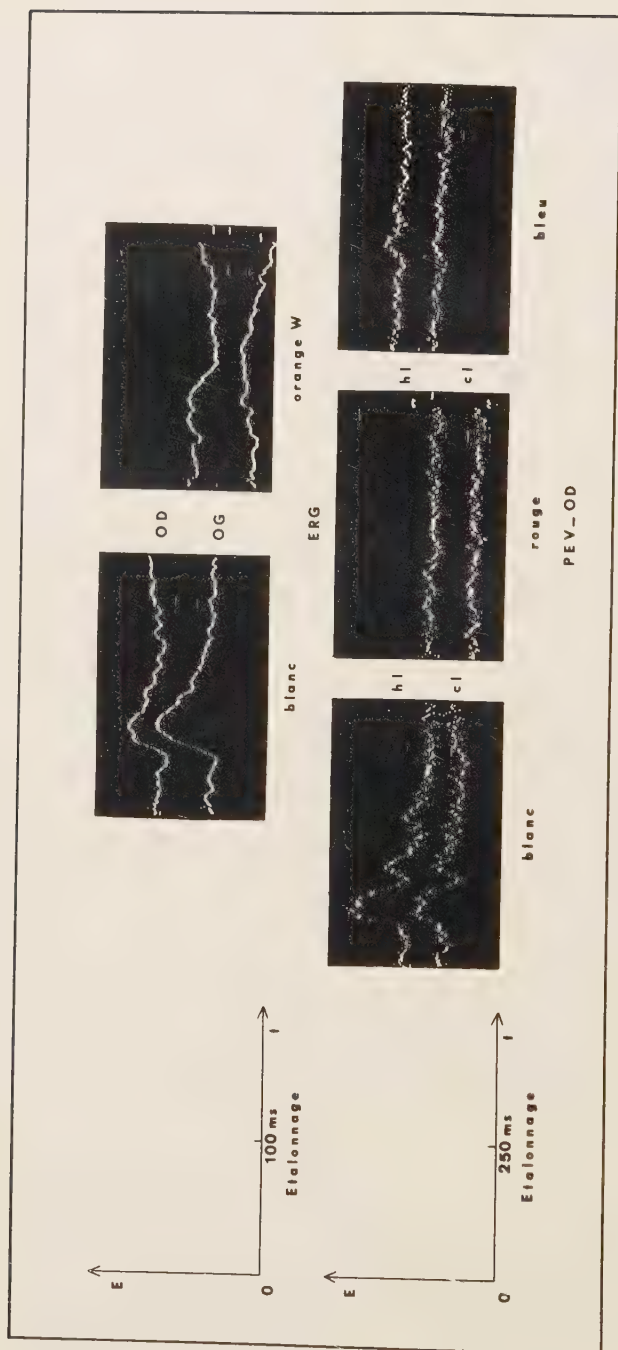


Fig. VII
 E : différence de potentiel ; t : temps.
 E.R.G. : électrorétinogramme ; P.E.V. : potentiel évoqué visuel.
 OD : oeil droit ; OG : oeil gauche.
 hl : réponse homolatérale ; cl : réponse controlatérale.

Observation n° 9 : PLA ... Michèle - 10 ans. (cf. Fig. VII)

Lésion maculaire familiale (soeur de l'observation précédente)
acuité visuelle : 2/10èmes pour chaque oeil.

E.R.G.

Au blanc : atteinte du photopique.
A l'orange Wratten : tracés éteints.

P.E.V. Oeil droit.

En lumière blanche : réponses hl et cl normales.
En lumière rouge : tracés éteints.
En lumière bleue : réponses hl et cl normales (onde positive
culminant à 225 ms, précédée d'une onde négative culmi-
nant à 200 ms).

Oeil gauche.

Résultats identiques à ceux de l'oeil droit.

b - Synthèse.

Nous disposons donc de cinq atteintes rétinienne centrales (Obs. 5 , 6 , 7 , 8 , 9) diagnostiquées cliniquement et confirmées par l'atteinte à l'E.R.G. du système photopique. L'acuité visuelle se situe, pour quatre d'entre elles aux environs de 2/10èmes, au-dessous de 1/10ème pour la cinquième.

Suivant le mode de photostimulation, nous avons enregistré les résultats suivants :

- en lumière blanche :

- les P.E.V. des observations n° 5 et 9 sont rigoureusement normaux ainsi que ceux obtenus par stimulation de l'oeil gauche dans l'observation n° 6.
- les P.E.V. de l'observation n° 8 et ceux obtenus par stimulation de l'oeil droit dans l'observation n° 6 se réduisent à une grande onde bifide.

Une absence de réponse s'observe une seule fois dans l'observation n° 7 et correspond au déficit visuel le plus sévère.

Nous ne pouvons cependant déduire une relation certaine entre les variations du P.E.V. et le degré de l'atteinte visuelle à partir de ces seuls résultats.

- en lumière monochromatique rouge :

Tous les tracés sont éteints.

- en lumière monochromatique bleue :

Dans de telles conditions seule l'observation n° 9 possède un P.E.V. normal ; la réponse identifiable dans l'observation n° 6 est nettement réduite dans son amplitude ; les autres tracés sont éteints.

2° - Revue bibliographique.

Les travaux retrouvés dans la littérature font état d'un très petit nombre d'observations, toutes étudiées en photostimulation blanche.

COPENHAVER et PERRY (71) sont les premiers en 1964 à montrer l'influence d'une lésion rétinienne centrale sur l'amplitude du P.E.V. en même temps que l'acuité visuelle.

HENKES (138) en 1966 arrive à la même conclusion au cours d'une atteinte maculaire chez un sujet âgé.

SCHREINEMACHERS (253) en 1968 établit à son tour un parallélisme entre l'importance du déficit visuel et l'importance des modifications du P.E.V. qui peuvent aller jusqu'à l'extinction des tracés.

Norma WIOLAND (292) en 1969 rapporte trois observations où elle retrouve la diminution d'amplitude et assiste dans un cas à une simplification du tracé réduit à une seule onde positive.

Par contre, JACOBSON et HIROSE (151) en 1969 enregistrent des E.R.G. et P.E.V. normaux dans une lésion maculaire.

3° - Conclusions.

Dans les atteintes maculaires (à priori isolées) :

a - En lumière blanche : les P.E.V. sont soit normaux, soit privés de leurs composantes précoces, soit éteints ; cette pluralité de réponses se retrouve dans la littérature et en particulier JACOBSON et HIROSE rapportent un cas d'atteinte maculaire avec intégrité du P.E.V. De plus, l'importance des altérations du P.E.V., lorsqu'elles existent, semblent en relation avec le degré du déficit visuel.

b - En lumière monochromatique : les P.E.V. sont toujours éteints au rouge et le plus souvent paradoxalement éteints au bleu ; nous n'avons pas retrouvé d'étude d'autres auteurs nous permettant une comparaison.

B - Atteintes rétiniennes périphériques.

1° - Observations personnelles.

a - Analyse .

Observation n° 10 : COM ... Jean - 11 ans.

Dégénérescence chorioretinienne périphérique. Acuité visuelle de 1/10ème pour chaque oeil.

E.R.G.

Au blanc : tracés sensiblement normaux ainsi qu'à l'orange Wratten.

P.E.V. Oeil droit.

En lumière blanche : réponses hl et cl normales.

En lumière rouge : réponses hl et cl normales.

En lumière bleue : tracés éteints.

Oeil gauche.

Résultats identiques.

Observation n° 11 : PER ... Bernard . (Fig. VIII)

Rétinite pigmentaire bilatérale. Acuité visuelle de 1/10ème pour chaque oeil. Champ visuel rétréci à 10°.

E.R.G.

Au blanc et à l'orange Wratten : tracés éteints.

P.E.V. Oeil droit.

En lumière blanche : réponses hl et cl normales.

En lumière rouge : réponses hl et cl normales.

En lumière bleue : tracés éteints.

Oeil gauche.

Résultats identiques : réponses normales en photostimulations blanche et rouge, éteintes en photostimulation bleue.

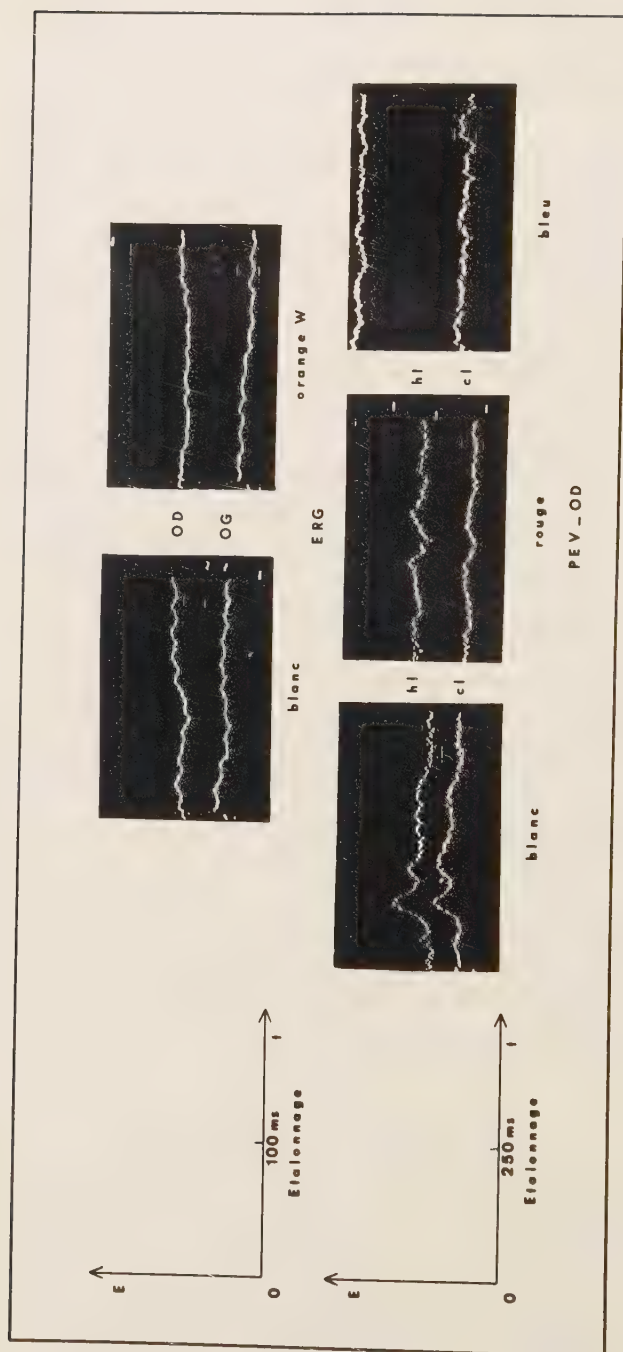


Fig. VIII

E : différence de potentiel ; t : temps.

E.R.G. : électroretinogramme ; P.E.V. : potentiel évoqué visuel.

O.D. : oeil droit ; O.G. : oeil gauche.

hl : réponse homolatérale ; cl : réponse controlatérale.

b - Synthèse.

Ces deux observations sont tout à fait en accord avec la classification que nous avons adoptée, puisque nous avons pu enregistrer :

- en lumière blanche : des réponses occipitales rigoureusement normales.
- en lumière monochromatique rouge : des réponses également normales permettant de confirmer l'intégrité maculaire.
- en lumière monochromatique bleue : une absence de réponse objectivant ainsi le déficit fonctionnel périphérique.

2° - Revue bibliographique.

Les travaux retrouvés dans la littérature sont relativement plus importants que pour le premier groupe et insistent tous sur le caractère généralement normal en lumière blanche de la réponse occipitale dans les atteintes rétiniennes périphériques isolées.

Ainsi AUERBACH (16) publie en 1964, 34 observations d'héméralopie congénitale avec P.E.V. normaux.

FISHMAN (116) en 1966 rapporte ses résultats dans 2 observations. Il note pour la première une très discrète réduction d'amplitude des tracés et le P.E.V. de la deuxième se situe dans les limites de la normale.

MÜLLER (218) en 1968 étudie 15 rétinites pigmentaires diagnostiquées cliniquement et confirmées par l'E.R.G. Onze fois le P.E.V. apparaît normal dans sa morphologie, son amplitude et ses facteurs temporels. Dans quatre cas, le temps d'apparition de chaque onde subit un allongement net mais la réponse est morphologiquement normale.

Norma WIOLAND (292) en 1968 présente 7 dégénérescences tapéto-rétiniennes dont deux seulement peuvent s'intégrer dans ce cadre car l'E.R.G. est encore décelable et la fonction maculaire intacte; les réponses occipitales apparaissent alors rigoureusement normales.

3° - Conclusions.

Dans les atteintes rétiniennes périphériques et en l'absence de lésion maculaire associée :

a - en lumière blanche : les P.E.V. sont normaux ; nos résultats sont en accord avec ceux rapportés dans la littérature.

b - en lumière monochromatique : les P.E.V. sont normaux au rouge, éteints au bleu ; nous n'avons pas retrouvé d'étude d'autres auteurs nous permettant ici une comparaison.

C - Atteintes rétiniennes mixtes.

1° - Observations personnelles.

a - Analyse.

a) Atteintes intrinsèques :

Observation n° 12 : BUI ... Monique - 16 ans.

Dégénérescence tapéto-rétinienne bilatérale . Acuité visuelle aux environs de 1/10ème pour les deux yeux.

E.R.G.

Au blanc et à l'orange Wratten : tracés éteints.

P.E.V. Oeil droit.

En lumière blanche : disparition des ondes précoces; présence d'une seule onde V de faible amplitude débutant à 150 ms et culminant à 200 ms.

En lumière rouge : tracés éteints.

En lumière bleue : tracés éteints.

Oeil gauche.

En lumière blanche : réponses hl et cl sensiblement normales.

En lumière rouge : tracés éteints.

En lumière bleue : rythme occipital alpha (donc absence de réponse spécifique au bleu).

Observation n° 13 : VAU ... Solange - 4 ans 1/2.

Rétinite pigmentaire évoluée avec atteinte maculaire ; acuité visuelle de 1/10ème pour chaque oeil.

E.R.G.

Au blanc : presqu'éteint.

A l'orange Wratten : éteint.

P.E.V. Oeil droit.

En lumière blanche : présence d'une onde V uniphasique débutant à 125 ms et culminant à 150 ms, précédée d'une petite onde négative débutant à 100 ms.

En lumière rouge : tracés éteints.

En lumière bleue : tracés éteints.

Oeil gauche.

En lumière blanche : réponses hl et cl normales.

En lumière rouge : réponses hl et cl sensiblement normales.

En lumière bleue : tracés éteints.

Observation n° 14 : MAK ... Madgid - 12 ans.

Dégénérescence tapéto-rétinienne bilatérale massive. Acuité visuelle : 1/10ème à gauche, inférieure à 1/10ème à droite.

E.R.G.

Au blanc et à l'orange Wratten : tracés éteints.

P.E.V. Oeil droit.

En lumière blanche : disparition des ondes précoces, présence d'une onde V débutant à 125 ms avec deux composantes Va et Vb culminant respectivement à 175 ms et 250 ms.

En lumière rouge : réponses hl et cl de très faible amplitude.

En lumière bleue : tracés éteints.

Oeil gauche.

En lumière blanche : tracés identiques à ceux obtenus à partir de l'oeil droit.

En lumière rouge : tracés éteints.

En lumière bleue : tracés éteints.

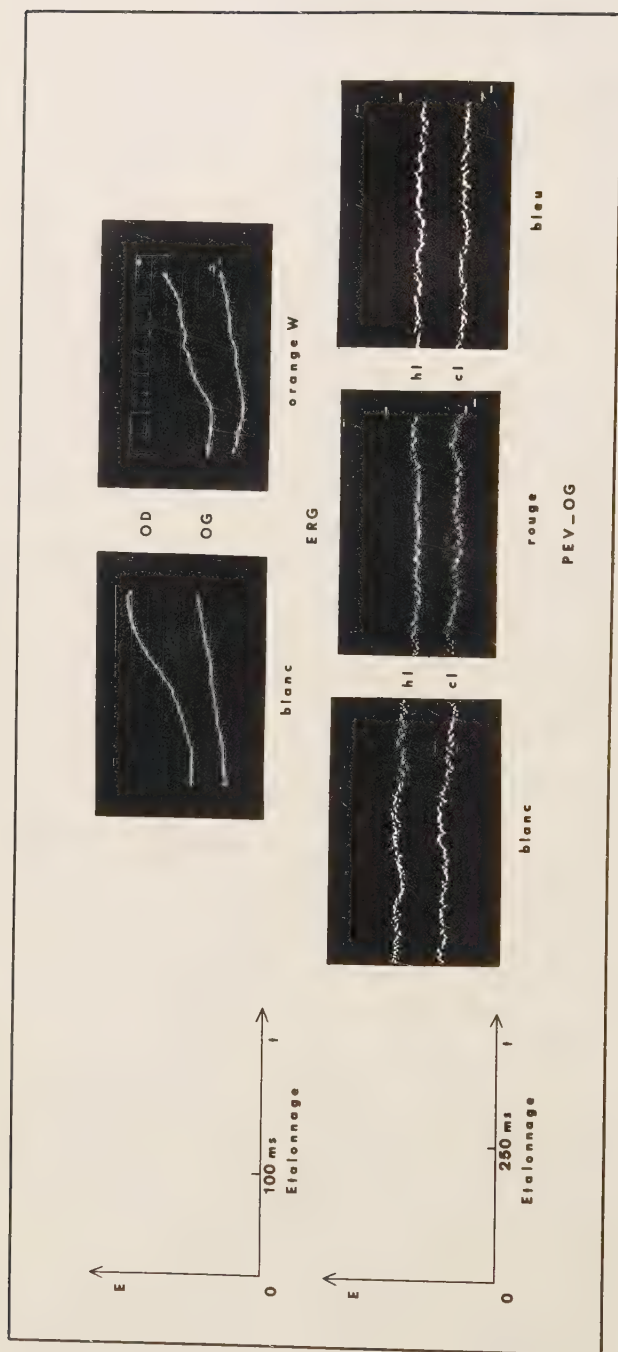


Fig. IX

E : différence de potentiel ; t : temps.
 E.R.G. : électrorétinogramme ; P.E.V. : potentiel évoqué visuel.
 OD : oeil droit ; OG : oeil gauche.
 hl : réponse homolatérale ; cl : réponse controlatérale.

Observation n° 15 : PAR ... Annie - 16 ans. (Fig. IX).

Dégénérescence tapéto-rétinienne bilatérale familiale (deux filles de la fratrie sont touchées) très évoluée. Acuité visuelle nulle.

E.R.G.

Au blanc et à l'orange Wratten : tracés éteints.

P.E.V. Oeil droit.

Tracés éteints aux trois modes de stimulation.

Oeil gauche.

Tracés également éteints.

Observation n° 16 : PAR ... Françoise - 16 ans.

Dégénérescence tapéto-rétinienne familiale (soeur jumelle de l'observation n° 15). Acuité visuelle nulle.

E.R.G.

Au blanc et à l'orange Wratten : tracés éteints.

P.E.V. Oeil droit et oeil gauche.

Tracés éteints aux trois modes de stimulation.

Observation n° 17 : CHE ... Chantal - 17 ans.

Colobome irien et rétinien bilatéral. Acuité visuelle de 1/20ème pour chaque oeil.

E.R.G.

Au blanc : atteinte du photopique.

A l'orange Wratten : tracés éteints.

P.E.V. Oeil droit.

Tracés éteints aux trois modes de photostimulation.

Oeil gauche.

Tracés également éteints.

β) Atteintes extrinsèques.

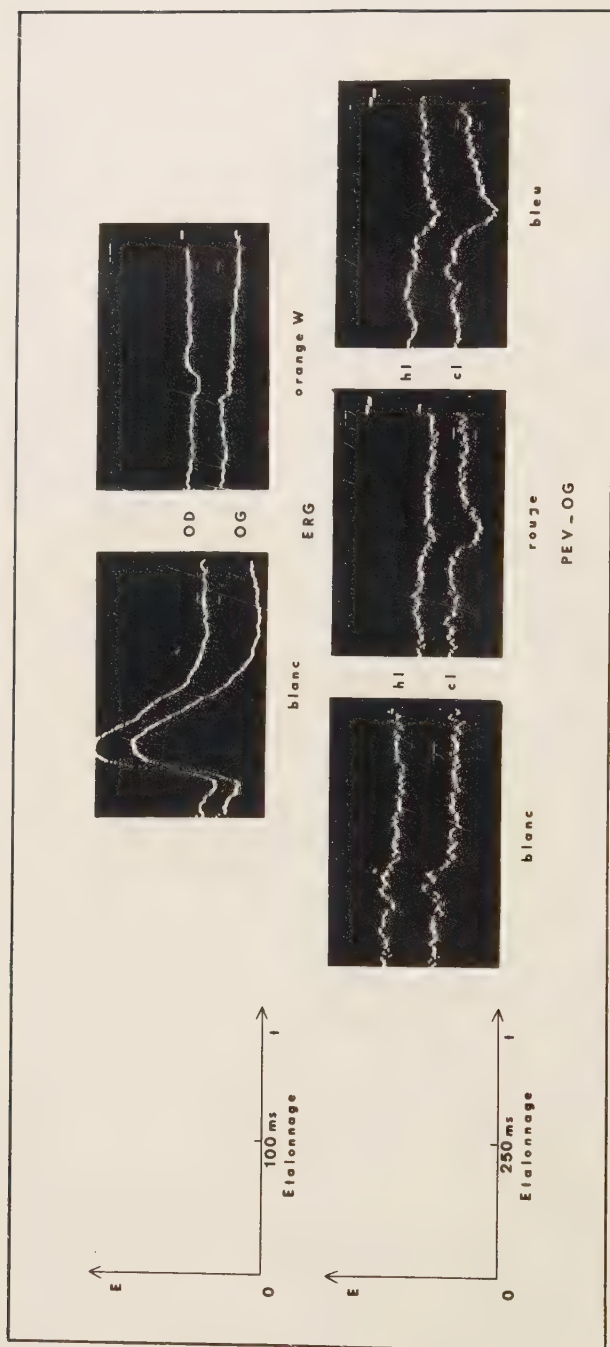


Fig. X

E : différence de potentiel ; t : temps ;
 E.R.G. : électrorétinogramme ; P.E.V. : potentiel évoqué visuel.
 OD : oeil droit ; OG : oeil gauche.
 hl : réponse homolatérale ; cl : réponse controlatérale.

Observation n° 18 : SIR ... Bernard - 12 ans (Fig. X)

Myopie importante avec chorioretinite cicatricielle. Acuité visuelle de 1/10ème pour chaque oeil.

E.R.G.

Au blanc : tracés d'allure scotopique.

A l'orange Wratten : tracés éteints.

P.E.V. Oeil droit.

En lumière blanche : tracés de mauvaise qualité mais paraissant normaux.

En lumière rouge et bleue : tracés normaux.

Oeil gauche.

Résultats identiques à ceux obtenus à partir de l'oeil droit.

Observation n° 19 : ISI ... Françoise - 17 ans.

Séquelles rétino-vitréennes d'embols septiques (septicémie avec syndrome péritonéal). Acuité visuelle de 1/10ème pour l'oeil droit et de 2/10èmes pour l'oeil gauche.

E.R.G.

Au blanc : discrète altération du système photopique.

A l'orange Wratten : tracé presque éteint.

P.E.V. Oeil droit.

En lumière blanche et en lumières rouge et bleue monochromatiques : réponses hl et cl normales.

Oeil gauche.

Tracés également normaux aux trois types de stimulation.

b - Synthèse.

L'étude clinique et la double atteinte scotopique et photopique à l'E.R.G. nous permettent d'inclure huit observations (12 à 19) dans ce cadre, subdivisé en deux groupes suivant le caractère intrinsèque ou non de l'atteinte rétinienne .

Pour trois d'entre elles (Obs. 15 , 16 , 17) où le déficit visuel est le plus important (acuité visuelle nulle pour les deux premières,

inférieure à 1/10ème pour la dernière), les réponses occipitales sont éteintes quelque soit le mode de photostimulation.

Pour les cinq autres (Obs. 12 - 13 - 14 - 18 - 19) nous allons envisager nos résultats suivant le photostimulus utilisé. Nous pouvons ainsi noter :

- en lumière blanche :

Le caractère normal des P.E.V. dans quatre observations (18-19 pour les deux yeux - 12 - 13 pour un seul oeil) alors que l'E.R.G. est éteint.

Une disparition des ondes précoces avec persistance de l'onde V en général uniphasique pour les autres résultats.

- en lumière monochromatique rouge :

La présence d'une réponse mais de faible amplitude pour les observations n° 13 et 14 (stimulation de l'oeil droit).

Des réponses normales lors de la stimulation de l'autre oeil pour ces mêmes observations et des deux côtés pour les atteintes extrinsèques.

- en lumière monochromatique bleue :

Le caractère normal des P.E.V. dans les deux atteintes extrinsèques et l'absence de réponses dans les trois atteintes intrinsèques.

Dans l'observation n° 12, nous avons enregistré le rythme occipital alpha.

A ce propos, nous tenons à ouvrir une parenthèse Il nous arrive quelquefois, dans certains troubles de la fonction visuelle, d'enregistrer un rythme alpha typique et ceci sur un seul tracé pour un seul mode de stimulation (ainsi dans l'observation n° 12). Nous nous demandons si ces tracés («alpha-like» selon l'expression de N. WIOLAND [292]) n'ont pas la même signification qu'une absence de réponses et s'ils ne traduisent pas la perte de la réaction normale de blocage de l'alpha par un photostimulus, observée en électroencéphalographie et étudiée par exemple par GRADER et HELLER (131).

2° - Revue bibliographique.

Rentrent dans ce cadre des observations rapportées dans les rétinites à prédominance périphérique mais réalisant une atteinte mixte : maculaire et périphérique.

Ainsi onze rétinites pigmentaires rapportées par EBE (101) en 1964 et où le P.E.V. apparaît normal dans deux cas, très modifié dans six cas, éteint dans trois cas sans relation d'ailleurs entre l'importance du déficit visuel et les anomalies électriques.

Cinq dégénérescences tapéto-rétiniennes étudiées par N. WIOLAND (292) en 1968 et où seules deux réponses occipitales normales sont obtenues correspondant à une région maculaire peu touchée.

3° - Conclusions.

Dans les atteintes rétiniennes mixtes (avec une éventuelle prépondérance de l'atteinte de l'un des deux systèmes).

a - En lumière blanche : les P.E.V. sont soit normaux (toujours dans nos atteintes extrinsèques), soit privés de leurs composantes précoces, soit éteints ; ces résultats, en accord avec ceux de la littérature, sont identiques à ceux obtenus dans les atteintes maculaires. Ceci est cohérent puisque la participation des lésions périphériques est nulle en ce qui concerne les variations du P.E.V. en lumière blanche (cf. I B 3).

b - En lumière monochromatique, les P.E.V. sont :

α) au rouge : soit normaux (toujours dans nos atteintes extrinsèques), soit de faible amplitude, soit éteints.

β) au bleu : soit normaux (toujours dans nos atteintes extrinsèques), soit éteints (toujours dans nos atteintes intrinsèques).

Là encore nous n'avons pas retrouvé d'étude d'autres auteurs nous permettant une comparaison.

II - DISCUSSION et CONCLUSIONS

A - Ce qui est en accord avec la classification anatomo-physiologique des atteintes rétiniennes.

1 - En photostimulation blanche.

Dans les atteintes maculaires, les P.E.V. sont le plus souvent soit privés de leurs composantes précoces, soit éteints.

Dans les atteintes périphériques isolées, les P.E.V. sont toujours normaux.

Dans les atteintes mixtes, le tableau électrophysiologique est identique à celui des atteintes maculaires.

Ces résultats sont en parfait accord avec la classification anatomo-physiologique des atteintes rétinienne. En effet :

- a - dans les atteintes maculaires, c'est-à-dire de la fonction photopique, il existe une correspondance parfaite avec les résultats électrophysiologiques qui montrent le plus souvent une disparition des ondes précoces d'origine photopique.
- b - dans les atteintes périphériques isolées, les P.E.V. demeurent normaux et font donc apparaître une notion capitale à savoir que les P.E.V. en lumière blanche sont essentiellement la traduction de la fonction maculaire : ceci s'explique par la prépondérance de la projection maculaire au niveau du cortex occipital, prédominance :

α -anatomo-topographique : la surface corticale correspondant à la macula est du même ordre de grandeur que la surface corticale correspondant à la rétine périphérique (alors qu'au niveau rétinien la macula n'occupait qu'une surface relative de l'ordre de 1 pour 1000) ; de plus cette projection maculaire est superficielle ce qui entraîne une plus grande proximité de l'électrode de recueil.

β - électrophysiologique : les travaux de COPENHAVER et PERRY (71), à l'aide de photostimulations localisées, montrent que la stimulation maculaire entraîne des P.E.V. de plus grande amplitude que ceux obtenus par stimulation périphérique. Il est ainsi aisé de comprendre qu'une lésion rétinienne centrale a toute chance de modifier les P.E.V. alors qu'une atteinte périphérique avec intégrité maculaire sera sans effet sur ces mêmes P.E.V.

- c - dans les atteintes mixtes, le tableau électrophysiologique est identique à celui des atteintes maculaires. Les P.E.V. en lumière blanche, étudient la réponse globale de la macula et de la rétine périphérique. L'atteinte périphérique n'ayant, nous l'avons vu, pratiquement aucune traduction au niveau des P.E.V., seule l'atteinte maculaire apparaît responsable des modifications des P.E.V. ; et dans tous les cas où cette atteinte maculaire est sévère, les P.E.V. seront éteints.

2 - En photostimulation monochromatique.

Dans les atteintes maculaires, les P.E.V. sont toujours éteints au rouge.

Dans les atteintes périphériques isolées, les P.E.V. sont toujours normaux au rouge et éteints au bleu.

Dans les atteintes mixtes intrinsèques, les P.E.V. sont le plus souvent éteints au rouge et toujours éteints au bleu.

Ces résultats sont parfaitement concordants et apportent la preuve électrophysiologique de l'atteinte du système photopique (étudié au rouge) dans les atteintes maculaires, de l'atteinte prédominante du système scotopique (étudié au bleu) dans les atteintes périphériques. Dans les atteintes mixtes intrinsèques, les lésions débutent à la périphérie et expliquent le caractère toujours éteint des P.E.V. au bleu ; en cas d'extension maculaire importante les P.E.V. seront également éteints au rouge.

B - Ce qui est en apparent désaccord avec la classification anatomo-physiologique des atteintes rétinienne.

1 - En photostimulation blanche.

a - dans les atteintes maculaires ; il peut apparaître paradoxal d'enregistrer des P.E.V. parfois normaux alors que l'acuité visuelle de loin est faible ; mais dans ces cas la conservation d'une acuité visuelle de près utile traduit l'intégrité d'un certain nombre de cônes fovéaux qui, grâce à leur projection corticale prépondérante, vont induire un P.E.V.

b - dans les atteintes périphériques ; nous n'avons relevé aucun élément de désaccord.

c - dans les atteintes mixtes : il apparaît au contraire une opposition nette entre la possibilité de recueil de P.E.V. normaux alors que l'E.R.G. montre une atteinte du système scotopique (Obs. 18 - 19) ou est totalement éteint (Obs. 12 et 13)

Nous tenons à discuter ici la signification exacte d'un E.R.G. éteint.

c) Cette notion doit être révisée à l'heure actuelle à la lumière des travaux d'ARMINGTON et coll. (15) d'une part, de JACOBSON (151) d'autre part ; par application des techniques de sommation à l'enregistrement électrorétinographique, en multipliant le nombre de passages jusqu'à 3.000, ces auteurs ont pu enregistrer une

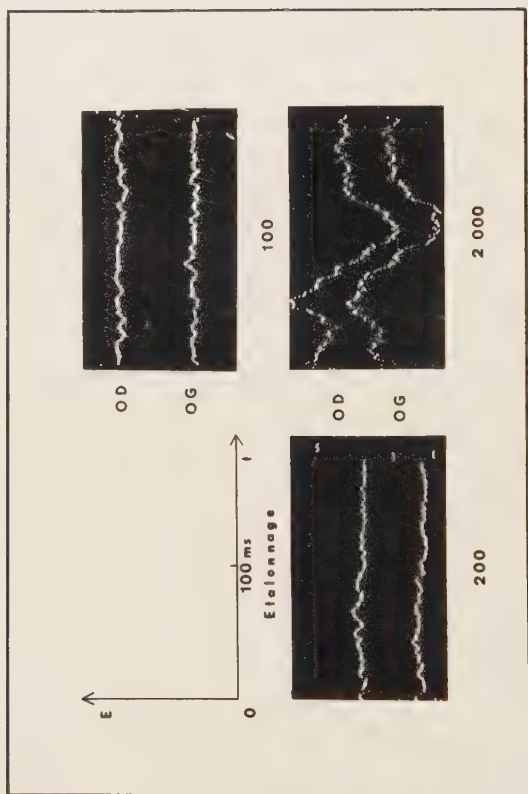


Fig. XI

E : différence de potentiel ; t : temps.

OD : oeil droit ; OG : oeil gauche.

réponse rétinienne indécélable par les techniques courantes ; ainsi ARMINGTON et coll. (14) ont étudié des atteintes rétiniennes à un stade avancé.

Nous mêmes présentons un E.R.G. recueilli dans une rétinite pigmentaire : aucune réponse ne s'observe à 100 et 200 passages ; par contre avec 2000 passages une réponse apparaît, nettement photopique (ondes e) (fig.XI). On comprend alors qu'un P.E.V. puisse être recueilli (puisqu'une réponse rétinienne existe en fait) la prépondérance de la projection maculaire corticale jouant alors un rôle d'amplificateur.

2 - En photostimulation monochromatique.

L'existence de modifications des P.E.V. en lumière monochromatique bleue dans certaines atteintes maculaires (à priori isolées) est effectivement paradoxale si on considère que le bleu est le photo-stimulus exclusif des bâtonnets ; mais il ne faut pas oublier qu'un certain pourcentage de cônes extra fovéaux (puisque la macula est aveugle au bleu) constitue le photo-récepteur chromatique du bleu. Aussi pensons nous qu'il doit s'agir de la traduction d'une atteinte associée des cônes maculaires et des cônes périphériques spécialisés dans la vision du bleu. Notre hypothèse trouve d'ailleurs une confirmation dans le cas des maladies de STARGARDT puisque DUKE-ELDER (91) a montré la possibilité d'une extension de l'affection dégénérative à la rétine périphérique ; or l'E.R.G. montrant un scotopique normal nous en déduisons que l'extension périphérique se fait alors au détriment des cônes bleus.

Cette dernière discussion nous amène à réviser notre classification initiale topographique pour proposer une classification fonctionnelle :

1 - Les atteintes photopiques.

- a - concernant uniquement les cônes centraux (atteintes photopiques maculaires) : P.E.V. éteints au rouge, normaux au bleu ; nous retrouvons les atteintes maculaires avec l'E.R.G. d'allure scotopique.
- b - concernant les cônes centraux et les cônes périphériques (atteintes photopiques globales) : P.E.V. simultanément éteints au rouge et au bleu ; nous retrouvons les atteintes que la clinique et l'E.R.G. (non éteint) nous avaient fait croire être simplement maculaires (à priori isolées).

2 - Les atteintes scotopiques.

P.E.V. normaux au rouge, éteints au bleu ; nous retrouvons les atteintes rétiniennes périphériques (lésions des bâtonnets) avec E.R.G. d'allure photopique.

3 - Les atteintes mixtes.

La séméiologie électrique variera selon la prédominance de l'atteinte de l'un ou l'autre système (photopique ou scotopique) ; nous retrouvons les atteintes rétiniennes globales (lésions des cônes et des bâtonnets) avec un E.R.G. qui peut aller jusqu'à l'extinction.

C H A P I T R E I I I

POTENTIELS EVOQUES VISUELS DANS LES ATTEINTES DU NERF OPTIQUE

Nous analyserons nos résultats dans deux grands types d'atteintes du nerf optique :

- les atteintes extrinsèques.
- les atteintes intrinsèques.

Cette étude sera relativement aisée en raison du petit nombre de nos observations ; par ailleurs nous disposons du travail effectué par PLANE (228), dans 65 atteintes du nerf optique de l'adulte, à l'aide de principes et d'une technique identiques aux nôtres.

I - RESULTATS

A - Atteintes extrinsèques du nerf optique.

1° - Observations personnelles.

a - Analyse.

Nous disposons de six observations : la première concerne une lésion compressive unilatérale, les cinq autres des atrophies optiques bilatérales secondaires à un tableau d'hypertension intracrânienne.

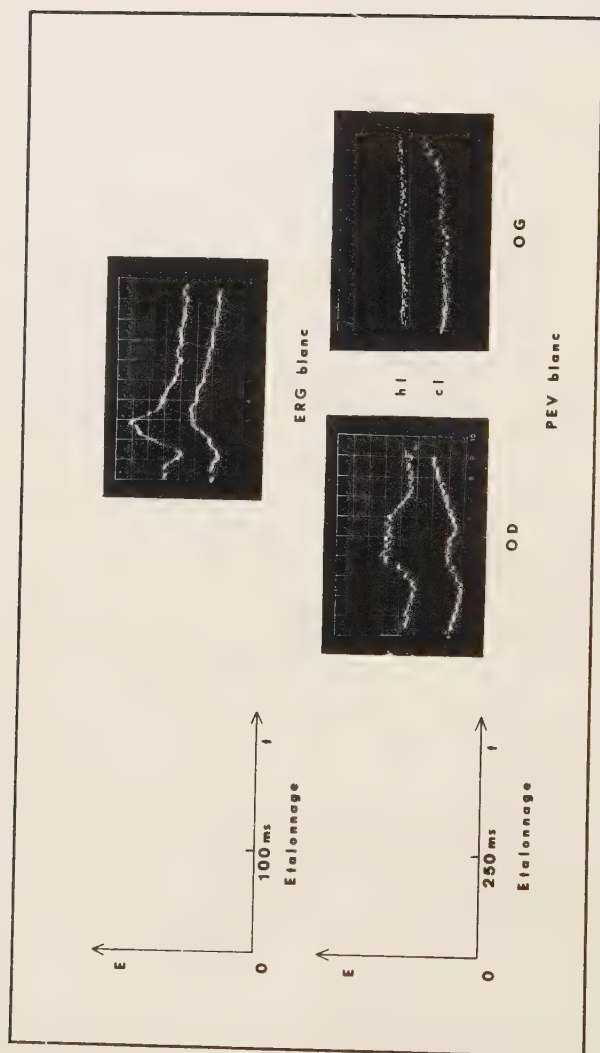


Fig. XII

E : différence de potentiel ; t : temps.

E.R.G. : électrorétinogramme ; P.E.V. : potentiel évoqué visuel.

OD : oeil droit ; OG : oeil gauche.

hl : réponse homolatérale ; cl : réponse controlatérale.

Observation n° 20 : BER ... Christophe - 1 mois. (cf. Fig. XII)

Souffrance néonatale avec hémorragie méningée.

- Electroencéphalogramme : importante asymétrie au détriment de l'hémisphère gauche avec alternance de décharges paroxystiques et de dépressions de l'électrogenèse.
- Comportement psychomoteur apparemment normal pour un enfant d'un mois.
- Fond d'oeil normal.
- Encéphalographie gazeuse : énorme dilatation des ventricules, des espaces sous-arachnoïdiens à gauche avec images claires porencéphaliques ; système ventriculaire droit normal.

E.R.G.

Tracés normaux.

P.E.V. Oeil droit.

En lumière blanche : réponses hl et cl normales pour un enfant d'un mois.

Oeil gauche.

En lumière blanche : pas de réponses homolatérale et controlatérale .

Donc, lésion de la voie optique gauche dans sa portion pré-chiasmatique secondaire à la dilatation ventriculaire gauche.

La stimulation en lumière monochromatique n'entraîne pas de réponse mais nous avons commencé à recueillir une réponse à ce mode de stimulation seulement à partir de un mois.

Observation n° 21 : OUT ... Alain - 12 ans.

Atrophie optique bilatérale au cours d'une dysostose crânienne de type oxycéphalie. Pas de réflexe photomoteur au niveau de l'oeil droit.

E.R.G.

Au blanc : atteinte du système photopique.

P.E.V. Oeil droit et oeil gauche.

Tracés éteints aux trois modes de photostimulation.

Observation n° 22 : BE ... Nadeja - 6 ans.

Atrophie optique bilatérale (craniosténose). Reconnaît un objet à 50 cm avec l'oeil gauche ; cécité quasi complète à droite.

E.R.G.

Au blanc : atteinte du photopique.

A l'orange Wratten : tracés éteints.

P.E.V. Oeil droit.

En lumière blanche et en lumières monochromatiques rouge et bleue : tracés éteints.

Oeil gauche.

En lumière blanche : réponses hl et cl de très faible amplitude avec une onde négative débutant à 150 ms et culminant à 175 ms, suivie d'une onde positive (V) culminant à 225 ms.

En lumière rouge : tracés éteints.

En lumière bleue : réponses hl et cl de faible amplitude (onde positive culminant à 250 ms).

Observation n° 23 : LAR ... Ginette.

Atrophie optique bilatérale après hypertension intracrânienne au cours d'un traumatisme crânien. Lésion maculaire rétrograde prédominant à droite. Acuité visuelle de 1/10ème à droite - 2/10ème à gauche.

E.R.G.

Au blanc : atteinte du système photopique.

A l'orange Wratten : tracés éteints.

P.E.V. Oeil droit et oeil gauche.

Tracés éteints aux trois modes de photostimulation.

Observation n° 24 : VED ... Dominique - 10 ans 1/2.

Atrophie optique bilatérale secondaire à un tableau d'hypertension intracrânienne d'origine tumorale. Acuité visuelle inférieure à 1/20ème à droite et à 4/10èmes à gauche.

E.R.G.

Au blanc et à l'orange Wratten : tracés normaux.

P.E.V. Oeil droit.

Tracés éteints aux trois modes de photostimulation.

Oeil gauche.

En lumière blanche : tracé réduit à une onde V débutant à 100 ms et se terminant à 300 ms.

En lumière rouge : petite réponse de faible amplitude culminant à 150 ms.

En lumière bleue : présence d'une onde négative débutant à 250 ms et culminant à 300 ms.

Observation n° 25 : SOI ... Jean-Luc - 6 ans. (cf. fig. XIII)

Atrophie optique bilatérale secondaire à une hypertension intracrânienne (astrocytome région frontale gauche opéré). Acuité visuelle inférieure à 1/10ème.

E.R.G.

Au blanc : atteinte du système photopique.

A l'orange Wratten : tracés éteints.

P.E.V. Oeil droit et oeil gauche.

Tracés éteints aux trois modes de photostimulation.

Observation n° 26 : ECH ... Eric - 6 ans.

Malformation congénitale de la papille avec reliquat embryonnaire au niveau de l'oeil gauche.

E.R.G.

Au blanc : atteinte du système photopique.

A l'orange Wratten : tracé subnormal pour l'E.R.G. gauche.

P.E.V. Oeil droit.

Tracés normaux aux trois modes de photostimulation.

Oeil gauche.

Tracés éteints aux trois modes de photostimulation.

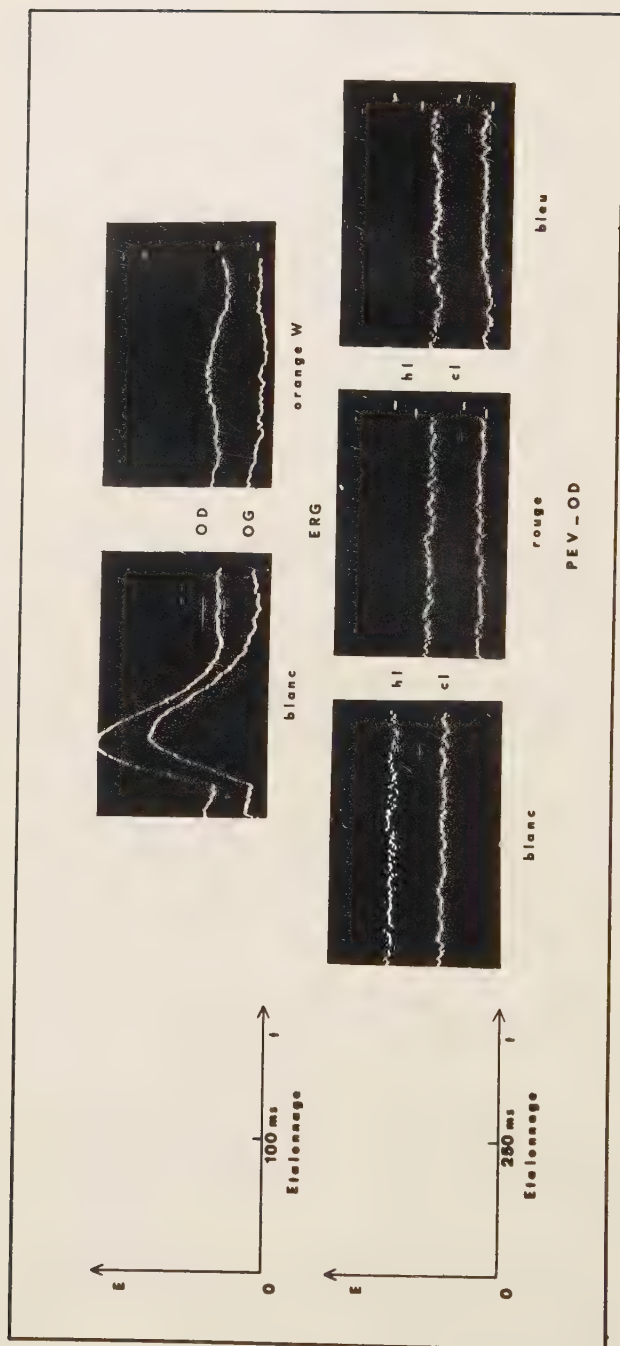


Fig. XIII

E : différence de potentiel ; t : temps.

E.R.G. : électrorétinogramme ; P.E.V. : potentiel évoqué visuel.

OD : oeil droit ; OG : oeil gauche.

hl : réponse homolatérale ; cl : réponse controlatérale.

b - Synthèse.

Nos observations font apparaître les résultats suivants :

- en lumière blanche :

Les P.E.V. sont :

- soit modifiés avec disparition des ondes précoces et persistance d'une onde tardive (Obs. 22 , 24 pour les P.E.V. enregistrés par stimulation de l'oeil gauche) dans les atteintes les moins sévères.
- soit éteints dans la majeure partie des observations (Obs. 21 , 23 , 25 pour les P.E.V. obtenus à partir des deux yeux ; obs. 22 , 24 pour les P.E.V. obtenus à partir de l'oeil droit ; obs. 20 - 26 pour les P.E.V. recueillis à partir de l'oeil situé du même côté que la lésion) en cas de cécité complète.

- en lumière monochromatique:

- au rouge. Une seule fois (Obs. 24 pour les P.E.V. recueillis par stimulation de l'oeil gauche) une réponse de faible amplitude est enregistrée ; dans tous les autres cas les tracés sont éteints.
- au bleu. Les P.E.V. sont présents dans deux observations (Obs. 22 -24 par stimulation de l'oeil gauche) mais sont alors de très faible amplitude ; ils sont éteints pour tous les autres résultats.

2° - Revue bibliographique.

Plusieurs travaux sont consacrés aux P.E.V. dans les atteintes du nerf optique sans qu'apparaisse nettement de distinction électrophysiologique en fonction de l'étiologie. Il en est ainsi des travaux de MULLER (217), COPENHAVER et PERRY (71), JACOBSON et HIROSE (151), Norma WIOLAND (292), RAVAUULT, GERIN et DAVID (237). Le travail de PLANE (228) sépare nettement les atteintes extrinsèques du nerf optique en trois types étiologiques et dissocie de même les résultats électrophysiologiques suivant qu'il s'agit d'atteintes traumatiques, d'atteintes compressives, d'oedèmes papillaires par hypertension intracrânienne.

a - atteintes traumatiques.

Leur étude a permis la mise en évidence de trois types de résultats électrophysiologiques par stimulation de l'oeil situé du côté de la lésion.

- a) Réponses occipitales homolatérales et controlatérales éteintes - E.R.G. normal:
Syndrome de section physiologique du nerf optique.
- β) Réponses éteintes - E.R.G. éteint ou perturbé :
traduction d'une atteinte rétinienne primitive ou secondaire à celle du nerf optique.
- γ) Réponses peu perturbées - E.R.G. normal :
une atteinte partielle est vraisemblable et doit être précisée par l'emploi des filtres interférentiels rouge et bleu.

L'intérêt des P.E.V. se situe donc sur deux plans :

- diagnostique essentiellement chez le malade comateux et non coopérant.
- pronostique et le P.E.V. associé à l'E.R.G. doit intervenir dans la discussion de la conduite thérapeutique.

b - atteintes compressives.

L'intérêt des P.E.V. apparaît de moindre importance dans les atteintes compressives du nerf optique tout du moins chez l'adulte où l'étude du champ visuel et de la vision chromatique représente au contraire l'élément capital.

En effet, dans les compressions isolées du nerf optique, les éléments apportés par les P.E.V. sont d'ordre topographique et cet avantage disparaît dans les compressions simultanées du nerf optique et du chiasma

c - oedèmes papillaires par hypertension intracrânienne.

La technique des P.E.V. apparaît intéressante car :
montre des tracés normaux dans les oedèmes papillaires isolés.
pourrait contribuer au diagnostic topographique de certaines tumeurs responsables d'atteintes des voies rétrochiasmiques.

Cet avantage est surtout net chez le malade peu coopérant ou comateux. Chez le sujet conscient, l'intérêt des P.E.V. s'efface devant celui du champ visuel.

3° - Conclusions.

Dans les atteintes extrinsèques du nerf optique :

- en lumière blanche :

Les P.E.V. apparaissent :

- soit normaux dans les oedèmes papillaires isolés ;
- soit simplifiés avec disparition des ondes précoces en cas de localisation ;
- soit le plus souvent éteints en fin d'évolution.

Il semble d'ailleurs exister une relation certaine entre l'importance des modifications des P.E.V. et l'importance de l'atteinte clinique.

- en lumière monochromatique :

Les P.E.V. effectués en lumière rouge et en lumière bleue étudient séparément les faisceaux maculaire et périphériques.

Les quelques observations que nous rapportons sont en accord avec la littérature et en particulier avec les résultats obtenus par PLANE (228).

B - Atteintes intrinsèques du nerf optique.

1° - Observation personnelle.

a - Analyse.

Observation n° 27 : LEY ... Didier - 4 ans.

Atrophie optique bilatérale avec macula normale au cours d'une leucodystrophie métachromatique suspectée cliniquement et confirmée par l'examen anatomopathologique (biopsie du nerf musculo-cutané).

- Au F.O. atteinte papillaire prédominant à gauche.

E.R.G.

Au blanc et à l'orange Wratten : tracés normaux.

P.E.V. Oeil droit.

En lumière blanche : tracé normal.

En lumière monochromatique : pas d'examen.

Oeil gauche.

En lumière blanche : réponses hl et cl de très faible amplitude.

b - Synthèse.

Dans cette observation, seule une étude en lumière blanche a été pratiquée. Les réponses occipitales induites par la stimulation de l'oeil le moins touché sont normales ; elles sont de faible amplitude par stimulation de l'autre oeil.

2° - Revue bibliographique.

Nous nous référons là encore au travail de PLANE (228) chez l'adulte. Il dissocie les atteintes intrinsèques en trois groupes concernant respectivement :

- des névrites inflammatoires ou infectieuses.
- des atteintes toxiques essentiellement alcoololo-tabagiques, accessoirement médicamenteuses (I.M.A.O. - traitement antituberculeux).
- des troubles vasculaires locaux du nerf optique.

Ces deux derniers types se rencontrent essentiellement chez l'adulte et intéressent très accessoirement le pédiatre. Nous les avons donc négligés pour ne retenir que les névrites inflammatoires ou infectieuses.

Au cours des névrites inflammatoires ou infectieuses, l'intérêt du P.E.V. apparaît évident à l'étude de ce groupe dissocié en :

- névrites diffuses.
 - névrites axiles.
 - névrites périphériques.
- d'étiologies diverses mais comportant cinq observations de sclérose en plaques.

En effet, le P.E.V. se modifie parallèlement à l'altération de la fonction visuelle dans les atteintes diffuses et, en cas de cécité totale, celui-ci est éteint.

L'utilisation des filtres interférentiels enfin, présente un grand intérêt dans l'exploration plus précise du faisceau maculaire et des faisceaux périphériques.

3° - Conclusions.

Dans les atteintes intrinsèques du nerf optique, les P.E.V. apparaissent :

- dans les névrites diffuses, soit modifiés soit éteints en présence d'une cécité et ceci quelque soit le mode de stimulation.
- dans les névrites axiles, privés de leur composantes précoces en lumière blanche, éteints en lumière rouge, normaux en lumière bleue.

II - DISCUSSION et CONCLUSIONS

Nous n'aborderons pas de discussion ici, car rien ne sépare les résultats électrophysiologiques obtenus chez l'enfant de ceux de l'adulte, exception faite cependant pour les variations des P.E.V. en fonction de l'âge et dont il faut tenir compte dans l'interprétation des tracés (ainsi l'observation n° 20) ; de plus, aucune discordance n'apparaît dans nos observations.

La méthode des P.E.V. présente deux intérêts majeurs :

- Intérêt diagnostique, les variations des P.E.V. paraissant alors en relation avec la sévérité de l'atteinte fonctionnelle.
- Intérêt topographique (en dehors d'une lésion chiasmatique).

Chez le grand enfant suffisamment coopérant et chez l'adulte, l'étude des P.E.V. vient s'ajouter à celle du champ visuel et de la vision des couleurs, qui représentent deux examens fondamentaux dans les atteintes du nerf optique. Son intérêt se trouve donc accru chez le jeune enfant et dans tous les cas où le clinicien est privé de ces renseignements capitaux.

L'observation n° 20 illustre parfaitement les avantages des P.E.V. Chez ce petit nourrisson, l'exploration électrophysiologique a été effectuée de façon systématique sur les résultats de l'encéphalographie gazeuse. L'énorme dilatation du système ventriculaire gauche visible sur la radiographie présentée est certainement responsable de l'absence de réponses homolatérale et controlatérale évoquées par stimulation de l'oeil situé

du côté de la lésion. L'étude des P.E.V. nous a permis de dépister une atteinte préchiasmatique de la voie optique gauche que nous essaierons de confirmer dans les mois à venir par la clinique.

CHAPITRE IV

POTENTIELS EVOQUES VISUELS DANS LES ATTEINTES CEREBRALES

Nous avons pu analyser les résultats des P.E.V. dans deux grands types d'atteinte cérébrale :

- le premier concerne des enfants examinés pour la première fois lors d'un accident aigu : encéphalite ou encéphalopathie dont nous avons pu suivre l'évolution clinique et électrophysiologique.
- le deuxième intéresse au contraire des enfants retardés psycho-moteurs, tous suspects de cécité.

I - RESULTATS

A - ATTEINTES AIGUES.

1° - Observations personnelles.

a - Analyse

Parmi les observations qu'il nous est possible de présenter apparaissent deux groupes pour lesquels se posent des problèmes cliniques légèrement différents.

a) Le premier groupe (Obs. 28 - 29 - 30 - 31) concerne de petits nourrissons examinés au cours de la phase aiguë de leur maladie, alors que persistaient encore de discrets troubles de la vigilance. Une absence de fixation, une mauvaise poursuite oculaire avaient justifié l'exploration électrophysiologique. En fait, l'évolution clinique nous a permis d'assister rapidement à une récupération parfaite.

Observation n° 28 : DER ... Joëlle - 2 mois.

Syndrome encéphalitique mal étiqueté : méningite purulente décapitée par un traitement antibiotique préalable ou thrombophlébite cérébrale.

A l'admission, tableau clinique alarmant avec présence d'un état de mal convulsif et d'importants troubles de la vigilance traduits par une altération lente et diffuse à l'E.E.G.; à la ponction lombaire réaction lymphocytaire et hyperalbuminorrachie.

Reflexes photomoteurs présents ; fond d'oeil normal.

Exploration électrophysiologique effectuée au 15ème jour de la maladie :

E.R.G.

Tracés normaux.

P.E.V. Oeil droit et oeil gauche.

En lumière blanche : individualisation d'un accident uniphasique de grande latence (175 ms) culminant à 250 ms.

En lumière monochromatique : examens non pratiqués.

Observation n° 29 : WIN ... Syphora - 3 mois 1/2.

Syndrome encéphalitique aigu d'étiologie indéterminée ; un mois et demi après, suit du regard et essaie d'attraper un objet.

- Première exploration électrophysiologique effectuée au cours des premiers jours de la maladie :

E.R.G.

Tracés normaux.

P.E.V. Oeil droit et oeil gauche.

Tracés éteints aux trois modes de photostimulation.

- Deuxième exploration électrophysiologique effectuée au 2ème mois de la maladie :

P.E.V. Oeil droit et oeil gauche.

En lumière blanche : tracés réduits à une seule onde uniphasique tardive.

En lumière rouge : tracés éteints.

En lumière bleue : tracés également éteints.

Observation n° 30 : OBA ... Sandrine - 4 mois.

Syndrome neurotoxique, persistance des troubles de conscience durant une quinzaine de jours ; dans les suites immédiates, absence de poursuite oculaire et suspicion de cécité ; réflexes photomoteurs présents ; fond d'oeil normal.

A l'âge de 7 mois, développement psycho-moteur et comportement visuel normaux.

Exploration électrophysiologique effectuée au début de sa maladie :

E.R.G.

Tracés normaux.

P.E.V. Oeil droit et oeil gauche.

Tracés normaux pour l'âge aux trois modes de photostimulation.

Observation n° 31 : PER ... Pascal - 5 mois.

Déshydratation aiguë par coup de chaleur avec signes neurotoxiques ; coma profond durant 4 jours, puis retour progressif à un état de conscience normal ; à sa sortie, état très satisfaisant.

Réflexes photomoteurs présents ; fond d'oeil normal.

Exploration électrophysiologique effectuée à la sortie du coma :

E.R.G.

Tracés normaux en lumière blanche.

P.E.V. Oeil droit et oeil gauche.

En lumière blanche : accident unique débutant à 125 ms culminant à 250 ms, se terminant à 400 ms.

En lumière rouge : tracés éteints.

En lumière bleue : tracés sensiblement normaux.

β) Le deuxième groupe (Obs. 32 - 33) concerne, au contraire, des enfants plus âgés, examinés plus tardivement et pour lesquels le diagnostic de cécité corticale ne faisait aucun doute.

Observation n° 32 : DUC ... Stéphane - 1 an 1/2.

Encéphalite morbilleuse avec importantes séquelles neuropsychiques et cécité corticale. Réflexes photomoteurs présents ; fond d'oeil normal.

Trois mois après le début de la maladie, est nourri par sonde gastrique et ne présente aucune réaction à la lumière.

Quatre mois après, semble suivre du regard et essaie d'attraper les objets placés devant lui; un test de Gesell donne un niveau de 16 semaines.

- Première exploration électrophysiologique effectuée au 3ème mois de la maladie.:

E.R.G.

Tracés normaux.

P.E.V. Oeil droit.

En lumière blanche : réponses homolatérale et controlatérale éteintes.

Oeil gauche.

En lumière blanche : apparition d'un accident uniphasique de très faible amplitude et de grande latence (225 ms).

- Deuxième exploration électrophysiologique effectuée au 4ème mois de la maladie :

P.E.V. Oeil droit et oeil gauche.

En lumière blanche : présence d'un accident unique de plus grande amplitude que lors du précédent examen sans modification des facteurs temporels.

Observation n° 33 : BAR ... Martine - 6 ans. (cf. Fig. XIV)

Encéphalite aiguë confirmée par la biopsie cérébrale mais d'étiologie non précisée ; amélioration clinique progressive avec retour à un état de conscience normal.

Trois mois après le début de la maladie, ne reconnaît ni son entourage, ni les objets placés à sa portée : le diagnostic de cécité corticale est affirmé. Réflexes photomoteurs présents ; fond d'oeil normal.

Six mois après, il persiste un retard psychomoteur (test de Gesell : 3 ans 9 mois) mais l'enfant a récupéré une vision sensiblement normale ; un an après la vision est satisfaisante.

- Première exploration électrophysiologique effectuée au troisième mois de la maladie :

E.R.G. (sous anesthésie générale).

Atteinte du système photopique vraisemblablement induite par l'anesthésie.

P.E.V. Oeil droit et oeil gauche.

En lumière blanche : tracés éteints.

En lumière monochromatique : tracés non effectués.

- Deuxième exploration électrophysiologique effectuée au 6ème mois de la maladie :

E.R.G.

Tracés normaux.

P.E.V. Oeil droit et oeil gauche.

Tracés sensiblement normaux.

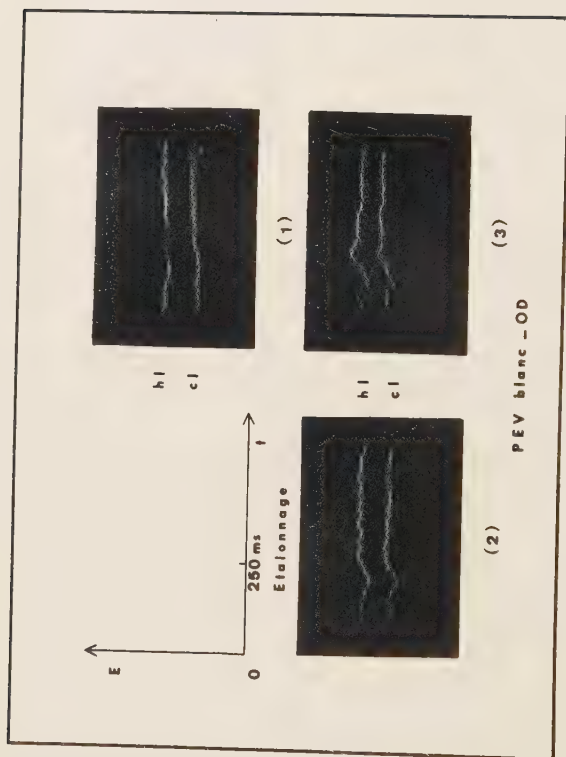


Fig. XIV

E : différence de potentiel ; t : temps.

P.E.V. : potentiel évoqué visuel.

OD : oeil droit.

hl : réponse homolatérale ; cl : réponse controlatérale.

b - Synthèse

Nous avons enregistré les résultats suivants :

α) Dans le premier groupe.

En lumière blanche :

- soit des P.E.V. normaux (Obs. 30).
- soit des P.E.V. modifiés soit dans leur morphologie avec absence des composantes précoces et persistance d'une seule onde tardive (Obs. 31), soit dans leur latence avec retard d'apparition des ondes normales pour l'âge de l'enfant (Obs. 28).
- soit des P.E.V. éteints (Obs. 29) alors qu'un mois après, une réponse occipitale a pu être enregistrée ; celle-ci était alors réduite à une seule onde uniphasique et tardive.

En lumière monochromatique :

Cette étude n'a pas été effectuée pour toutes les observations ; elle a permis de noter :

- un retard de récupération des P.E.V. au rouge et au bleu (Obs. 29).
- un retard de récupération des P.E.V. au rouge, avec des P.E.V. normaux au blanc et au bleu (Obs. 31).

β) Dans le deuxième groupe.

Les P.E.V. ont été enregistrés seulement en lumière blanche et ont permis de noter des réponses éteintes puis une récupération progressive et simultanée clinique et électrophysiologique.

2 - Revue bibliographique.

Elle fait apparaître les mêmes résultats qui peuvent être séparés en deux groupes comme nos observations.

a - Les variations des P.E.V. au cours des troubles de la vigilance.

Elles ont été bien mises en évidence par :

BERGAMASCO et coll. (29) en 1966 dans l'étude du coma post-traumatique de l'adulte.

CORLETT et coll. (72) la même année, au cours du coma induit par un électrochoc.

Mme LILLE, SCHERRER et THIEFFRY (185 et 186) chez l'enfant : sur 40 comas d'étiologies diverses ils assistent, en cas d'évolution favorable à une normalisation de la réponse (absente au départ, puis d'aspect simplifié) et essaient de dégager l'intérêt des P.E.V. dans l'évaluation de la profondeur d'un coma.

b - Les variations des P.E.V. au cours des cécités corticales véritables.

Deux observations superposables aux nôtres sont rapportées:

KOOI et SHARBROUGH (175) en 1966 ont suivi l'évolution électroclinique sur 4 semaines d'une cécité post-traumatique de l'adulte. Ils assistent à une ébauche de réponse (accident uniphasique tardif à 200 ms précédant la première perception lumineuse), puis à la récupération progressive d'une réponse sensiblement normale.

NAWRATZKI, LANDAU et AUERBACH (220) en 1969 ont observé une fillette durant 3 ans adressée à l'âge de 10 mois pour un processus encéphalitique dont elle gardera des séquelles neuro-psychiques.

Le premier examen effectué à la phase aiguë montre un E.R.G. normal, une réponse évoquée pratiquement inexistante.

A l'âge de 2 ans 1/2, alors que persiste une grande arriération, l'enfant semble percevoir la lumière et surtout a une réponse évoquée de longue latence mais subnormale.

A l'âge de 4 ans 3 mois, elle sait marcher mais présente un déficit de la fonction auditive; elle a une acuité visuelle et des P.E.V. normaux.

3 - Conclusions.

Dans les atteintes cérébrales aiguës :

a - En lumière blanche :

α) Au cours des troubles de la vigilance : les P.E.V. sont soit simplifiés et de grande latence, soit éteints ; ces variations paraissent être en relation avec l'importance des troubles de la vigilance.

β) Au cours des cécités corticales véritables : les P.E.V. sont éteints lorsque la cécité est totale puis leur normalisation s'effectue parallèlement à une récupération visuelle normale.

Nos résultats se superposent donc à ceux retrouvés dans la littérature.

b - En lumière monochromatique.

Les P.E.V. semblent subir un retard dans leur réapparition.

Nous n'avons pas retrouvé d'études d'autres auteurs permettant une comparaison.

B - Retards psychomoteurs.

1 - Observations.

a - Analyse.

Nous ne répèterons pas les résultats électrorétinographiques qui sont normaux pour toutes les observations.

Observation n° 34 : DAS ... Patrick - 3 jours.

Réanimation à la naissance d'un enfant post-mature au terme d'un accouchement laborieux avec forceps sur tête dernière.

Etat neurologique catastrophique avec hémorragie méningée et disjonction des sutures. Décès de l'enfant au 20ème jour dans un tableau de surinfection.

Encéphalographie gazeuse : dilatation ventriculaire bilatérale importante.

Fond d'oeil : hémorragies rétiniennes.

P.E.V. Oeil droit.

En lumière blanche : accident unique de grande latence débutant à 200 ms et culminant à 300 ms.

En lumière monochromatique : tracés non effectués.

Oeil gauche.

Résultats identiques.

Observation n° 35 : GRA ... François - 2 mois.

Hospitalisation dès les premiers jours de la vie pour un méningo-encéphalocèle occipital chez un enfant par ailleurs dysmorphique : microcéphalie, microphthalmie, inclinaison anti-mongoloïde des fentes palpébrales, pli palmaire unique mais sans anomalies du caryotype.

A l'examen ophtalmologique : regard en coucher de soleil, et nystagmus horizontal.

P.E.V. Oeil droit et oeil gauche.

Tracés éteints aux trois modes de photostimulation.

Observation n° 36 : SIM ... Dominique.

Intoxication oxycarbonée de la mère au 8ème mois de grossesse entraînant la naissance prématurée d'un nouveau-né d'emblée cyano-sé, hypotonique, sans réflexes archaïques.

Par la suite, installation d'une arriération profonde avec hypertonie invincible résistant aux divers myorésolutifs utilisés et d'une cécité totale avec fond d'oeil normal.

P.E.V. Oeil droit et oeil gauche, à l'âge de 3 semaines :

Tracés éteints. aux trois modes de photostimulation.

P.E.V. Oeil droit et oeil gauche, à l'âge de 1 mois 1/2 :

Tracés éteints aux trois modes de photostimulation.

Observation n° 37 : CHA ... Christiane - 5 mois.

Retard psychomoteur (niveau de 12 semaines pour un âge réel de 5 mois) secondaire à une hémorragie méningée chez une prématurée. Etat neurologique alarmant durant les dix premiers jours.

Enfant réhospitalisé à l'âge de 5 mois pour cécité; réagit seulement à une lumière très vive et présente un nystagmus permanent.

Fond d'oeil normal.

P.E.V. Oeil droit et oeil gauche.

En lumière blanche : réponse très immature comparable à celle d'un enfant d'un mois.

Observation n° 38 : AVR ... Michaël - 6 mois. (cf. Fig. XV)

Cécité au cours d'une arriération mentale d'étiologie indéterminée (12 semaines pour 6 mois).

A l'examen ophtalmologique : réflexes photomoteurs présents ; strabisme convergent ; fond d'oeil normal.

P.E.V. Oeil droit et oeil gauche.

Tracés éteints aux trois modes de photostimulation.

Observation n° 39 : ROC ... Fabienne - 6 mois 1/2.

Encéphalopathie néonatale par anoxie cérébrale avec très important retard psychomoteur (8 semaines pour 6 mois 1/2).

Dilatation ventriculaire à l'électroencéphalographie gazeuse.

Réflexes photomoteurs présents ; fond d'oeil normal.

P.E.V. Oeil droit et oeil gauche.

En lumière blanche : réponse très immature avec un seul accident uniphasique de grande latence (150 à 175 ms) et culminant à 250 ms.

Observation n° 40 : CAR ... Isabelle - 8 mois.

Retard psychomoteur (16 semaines pour 8 mois) avec maladie des spasmes en flexion chez un enfant ayant présenté une anoxie néonatale et qui semble ne pas voir.

A l'examen ophtalmologique : strabisme divergent ; fond d'oeil normal.

P.E.V. Oeil droit et oeil gauche.

Tracés sensiblement normaux aux trois modes de photostimulation.

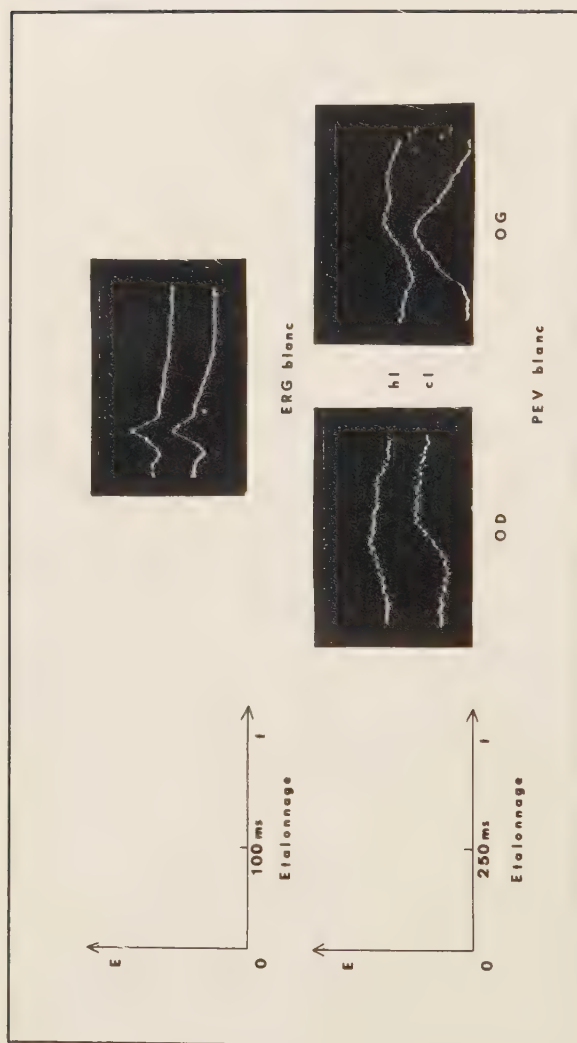


Fig. XV

E : différence de potentiel ; t : temps.
 E.R.G. : électrorétinogramme ; P.E.V. : potentiel évoqué visuel.
 OD : oeil droit ; OG : oeil gauche.
 hl : réponse homolatérale ; cl : réponse controlatérale.

Observation n° 41 : JEA ... Anne-Marie - 3 ans.

Découverte d'une agénésie du corps calleux à l'encéphalographie gazeuse chez une enfant adressée pour un retard psycho-moteur (test de Gesell : 2 ans).

Examen ophtalmologique normal.

P.E.V. Oeil droit et oeil gauche.

Tracés normaux aux trois modes de photostimulation.

b - Synthèse.

Les P.E.V. apparaissent :

- soit normaux (Obs. 34); l'enfant est décédé rapidement mais la présence d'une réponse chez ce nouveau-né de 3 jours pouvait permettre de prévoir une fonction visuelle relativement correcte.
- soit présents mais anormaux pour l'âge avec un aspect très immature (Obs. 37 et 39); ils coïncident alors avec les résultats cliniques qui mettent en évidence une réaction à la lumière.
- soit éteints (Obs. 36 et 38); le diagnostic clinique de cécité ne faisait aucun doute. Dans l'observation n° 35 il est impossible de conclure et nous ignorons d'ailleurs en regard de quelle zone corticale nos électrodes cutanées étaient placées.

2 - Revue bibliographique.

Nos résultats semblent similaires à ceux déjà publiés.

WALSH (280) a ainsi étudié six encéphalopathies avec cécité, de causes diverses :

- atrophies corticales,
- microcéphalies, hypoplasie d'une voie optique,
- maladie de SCHILDER (1 cas),
- maladie de NIEMANN PICK (1 cas),

(ces deux derniers cas ne rentrent d'ailleurs pas strictement dans le cadre nosologique de nos propres observations).

Les P.E.V. étaient éteints dans presque tous les cas.

N. WIOLAND (292) rapporte à son tour quatre observations : le diagnostic clinique de cécité était évident, les réponses occipitales éteintes dans trois cas ; la dernière observation montrait l'existence d'une réponse électrique et semblait correspondre à un pronostic visuel moins sévère.

JACOBSON et HIROSE (151) possèdent l'observation d'un encéphalopathe de 4 mois avec P.E.V. éteints .

Récemment LAGET et BEAUVAIS (176) ont essayé de dégager l'intérêt des P.E.V. dans l'appréciation du déficit visuel à partir de cinq observations avec retards psychomoteurs et obtiennent les mêmes résultats : deux fois le caractère normal leur a permis de porter un pronostic favorable ; dans les autres cas les P.E.V. sont soit anormaux et rudimentaires, soit éteints en cas de cécité cliniquement complète.

3 - Conclusions.

Dans les retards psycho-moteurs :

Quel que soit le mode de photostimulation utilisé, les P.E.V. apparaissent soit de type immature (dans le cas où la cécité de l'enfant ne semble pas totale), soit éteints (dans les cas où la cécité est cliniquement évidente). Nous retrouvons les mêmes résultats que les autres auteurs.

II - DISCUSSION et CONCLUSIONS

La discussion sera relativement facile car d'une part nos résultats en lumière blanche, apparaissent absolument superposables à ceux rapportés dans la littérature, d'autre part nous n'avons pas noté de faits paradoxaux dans l'étude en lumière monochromatique. Nous nous bornerons donc à montrer l'intérêt clinique des P.E.V. au cours des atteintes cérébrales.

A - Au cours des atteintes cérébrales aiguës.

Deux notions semblent certaines :

1° - Les troubles de la vigilance influent sur les P.E.V. Ceux-ci permettent de traduire de façon objective la récupération clinique, non seulement récupération d'un état de conscience normale mais encore récupération d'une vision normale.

2° - Au cours des cécités corticales véritables sans troubles de la conscience, l'intérêt des P.E.V. se situe sur deux plans :

- a - diagnostique tout d'abord : les P.E.V. viennent confirmer le diagnostic effectué cliniquement en montrant l'absence de réponse occipitale.
- b - évolutif ensuite : les P.E.V. permettent de suivre l'évolution et en particulier se normalisent progressivement de façon parallèle à la récupération clinique. Une de nos observations (Obs. 31) et l'observation rapportée par KOOI et SHARBROUGH (175) nous ont permis d'assister à la réapparition d'une réponse occipitale bien que très imparfaite alors que l'examen clinique ne mettait en évidence aucune réaction à la lumière; secondairement, l'examen a retrouvé chez ces deux malades une réponse à la lumière. Si cette constatation se généralisait, elle permettrait de reconnaître aux P.E.V. un intérêt pronostique certain dans les cécités corticales.

B - Au cours des retards psycho-moteurs.

Les résultats des P.E.V. dans l'arriération mentale sont encore bien incertains. Nous pensons cependant que la méthode peut aider à apprécier, dans un contexte neuro-psychique, souvent impressionnant, s'il existe ou non un déficit visuel : une réponse bien qu'imparfaite semble en effet traduire un certain degré de vision ; l'extinction des réponses reflète au contraire l'absence d'intégration du photostimulus au niveau de l'aire corticale. Une étude simultanée de toutes les réponses évoquées : auditives, visuelles et somesthésiques nous paraît alors souhaitable pour s'assurer de la seule atteinte visuelle ou au contraire d'une atteinte plus diffuse.

CONCLUSIONS

L'enregistrement des Potentiels Evoqués Visuels (P.E.V.) chez l'enfant est actuellement possible grâce aux techniques de sommation qui permettent leur extraction de l'activité cérébrale spontanée.

Cette technique repose, comme chez l'adulte, sur :

- des données anatomiques :
 - dissociation des faisceaux maculaire et périphériques.
 - décussation des fibres optiques expliquant le recueil par stimulation isolée et successive de chaque oeil de réponses homolatérales et contralatérales aisément comparables.
- des données électrophysiologiques :
 - discrimination des composantes photopiques isolées en lumière monochromatique ($\lambda = 650 \text{ nm}$) et des composantes essentiellement scotopiques isolées en lumière monochromatique bleue ($\lambda = 407 \text{ nm}$), traduction de la dualité rétinienne.

Elle est cependant de réalisation plus délicate chez le nourrisson et fait apparaître deux notions propres à l'enfant : la nécessité de proscrire toute prémédication et l'influence du sommeil physiologique sur l'amplitude des tracés.

L'exploration électrophysiologique de chaque enfant a comporté l'enregistrement des P.E.V. aux trois modes de stimulation :

- en lumière blanche.
- en lumière monochromatique rouge.
- en lumière monochromatique bleue.

et l'enregistrement électrorétinographique.

Notre travail se scinde en deux parties :

- étude des P.E.V. chez l'enfant normal.
- étude des P.E.V. dans les troubles de la fonction visuelle.

P.E.V. CHEZ L'ENFANT NORMAL.

Le développement de la vision chez l'enfant s'effectue graduellement et comprend deux étapes capitales de maturation anatomique et de maturation fonctionnelle indispensables à connaître pour comprendre les variations de l'E.R.G., de l'E.E.G. et des P.E.V. en fonction de l'âge. Notre étude de maturation a porté sur 12 prématurés et 32 nourrissons, d'âges s'échelonnant de la naissance à 10 mois. Au cours des premiers mois de la vie, le P.E.V. apparaît différent du P.E.V. de l'adulte. Réduit à une seule onde uniphasique, tardive (aux environs de 175 à 200 ms) chez le prématuré et le nourrisson de moins de 1 mois, le tracé va s'enrichir progressivement à partir du 2ème mois en ondes précoces (75 ms puis 40 ms) d'origine photopique. Le troisième mois semble représenter une étape capitale dans cette évolution et à partir de cette date, le P.E.V. semble avoir acquis une morphologie superposable à celle des tracés d'adulte.

L'emploi de filtre interférentiel rouge nous a enfin permis d'objectiver par l'électrophysiologie le retard de différenciation maculaire au cours du premier semestre de la vie.

P.E.V. DANS LES TROUBLES DE LA FONCTION VISUELLE.

Nous avons appliqué la technique des P.E.V. à 41 nourrissons et enfants déficients visuels et nous avons pu ainsi préciser certaines données physiopathologiques.

1 - Dans les atteintes de l'étage prérétinien.

L'intérêt des P.E.V. dans les atteintes des milieux réfringents de l'oeil est double :

- intérêt diagnostique : l'E.R.G. et le P.E.V. couplés permettent le dépistage d'une lésion associée (rétine - ou nerf optique).
- intérêt pronostique dans le bilan préopératoire d'une cataracte congénitale.

2 - Dans les atteintes de l'étage rétinien.

L'étude comparative de quinze atteintes rétiniennes, classées sur des critères cliniques et électrorétinographiques en atteintes centrales, périphériques et mixtes, nous a permis de proposer une classification électrophysiologique des atteintes rétiniennes regroupant ainsi :

- des atteintes photopiques :

soit centrales (cônes maculaires) : P.E.V. éteints au rouge, normaux au bleu.

soit globales (cônes centraux et périphériques) : P.E.V. éteints au rouge et au bleu.

- des atteintes scotopiques (bâtonnets) : P.E.V. normaux au rouge éteints au bleu.

- des atteintes mixtes (cônes et bâtonnets) : P.E.V. modifiés ou éteints au rouge, éteints au bleu.

3 - Dans les atteintes du nerf optique.

Nous avons essayé d'illustrer chez l'enfant les résultats électrophysiologiques déjà obtenus chez l'adulte à l'aide de la même technique, à savoir :

- un syndrome électrophysiologique de section complète du nerf optique: P.E.V. éteints aux trois modes de photostimulation.

- un syndrome électrophysiologique de déficit axile du nerf optique : P.E.V. éteints au rouge.

Les P.E.V. sont apparus d'autant plus intéressants chez le jeune enfant que le clinicien est alors privé des renseignements capitaux fournis par le champ visuel et par l'étude de la vision chromatique.

4 - Dans les atteintes corticales.

Deux problèmes bien distincts ont été étudiés :

-celui des cécités dans les atteintes encéphalitiques aiguës où nous avons pu suivre la récupération clinique et électrophysiologique.

- celui des cécités chez les retardés psychomoteurs où il nous semble exister un parallélisme entre la sévérité du déficit visuel et les modifications des P.E.V. qui revêtent alors un aspect immature.

EN RESUME :

La technique des P.E.V. apparaît d'un grand intérêt dans le dépistage et l'étude des cécités de l'enfant.

Elle est en effet une méthode objective, d'une inocuité totale autorisant sa répétition à volonté.

Elle ne nécessite à aucun moment la coopération de l'enfant.

Elle apparaît capable d'apprécier les voies visuelles dans leur ensemble qu'il s'agisse de l'étage dioptrique, de l'étage de réception rétinienne, de l'étage de transmission ou de l'étage d'intégration corticale.

Vu, le 18 Décembre 1969

Le Président du Jury

F. ROUHER

Vu, le 22 Décembre 1969

Le Doyen

G. MEYNIEL

Vu et Permis d'Imprimer

N° M 1/70

le 8 Janvier 1970

Le DOYEN

G. MEYNIEL

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - ADRIAN (E.D.), MATTHEWS (B.H.C.) - The Berger rhythm. Potential changes from the occipital lobes in man. *Brain*, 1934, 57, 355-385.
- 2 - AJURIAGUERRA (J.) DE, HECAEN (H.) - Le Cortex Cérébral. Etude neuro-psycho-pathologique. Masson & Cie Edit., Paris, 1960.
- 3 - ALAJOUANINE (TH.) - Les grandes activités du lobe occipital. Masson & Cie Edit., Paris, 1960.
- 4 - ALFIERI (R.), SOLE (P.) - Problème d'une activité électrique rétinienne post-mortem. *C.R. Soc. Biol.*, Paris, 1965, 159, 674-677.
- 5 - ALFIERI (R.), SOLE (P.) - Adapto électrorétinogramme en lumière monochromatique chez l'homme et analyse formelle des potentiels rétiens. *C.R. Soc. Biol.*, Paris, 1966, 160, 1881-1886.
- 6 - ALFIERI (R.), SOLE (P.) - Adapto-électrorétinographie (AERG) chez une achromate. *Vision Res.*, 1967, 7, 853-857.
- 7 - ALFIERI (R.), SOLE (P.) - Potentiels évoqués visuels et dualité rétinienne chez l'homme. *C. R. Soc. Biol.*, Paris, 1968, 162, 428-432.
- 8 - ALFIERI (R.), SOLE (P.) - Composantes photopiques et scotopiques des potentiels évoqués visuels chez l'homme. *C.R. Soc. Biol.*, Paris, 1968, 162, 1164-1169.
- 9 - ALFIERI (R.), SOLE (P.), ROUHER (F.) - Dualité électrorétinographique chez le Pré-maturé. *C.R. Soc. Biol.*, Paris, 1966, 160, 2316-2317.
- 10 - ANDRE-THOMAS, SAINT-ANNE DARGASSIES (S.) - Etudes neurologiques sur le nouveau-né et le jeune nourrisson. Masson & Cie Edit., Paris, 1952.

- 11 - ARDEN (G.), IKEDA (H.), MILL (R.M.) - Rabbit visual cortex : reaction of cells to movement and contrast. *Nature, Lond.*, 1967, 214, 909-912.
- 12 - ARFEL (G.), ALBE-FESSARD (D.), WALTER (S.) - Potentiels évoqués et comas. *Rev. neurol.*, 1967, 117, 530.
- 13 - ARMINGTON (J.C.) - Relations between electroretinogram and occipital potentials elicited by flickering stimuli. *Docum. ophthal.*, Den Haag, 1964, 18, 194-206.
- 14 - ARMINGTON (J.C.), GOURAS (P.), TEPAS (D.T.), GUNKEL (R.) - Detection of the E.R.G. in retinis pigmentosa. *Exp. Eye Res.*, 1961, 1, 74-80.
- 15 - ARMINGTON (J.C.), TEPAS (D.I.), KROPFL (W.J.) - Summation of retinal potential. *J. Opt. Soc. Am.*, 1961, 51, 877-886.
- 16 - AUERBACH (ED), ROWE (H.) - Electroretinogram and cortical response in congenital hemeralopia and rod-monochromatism. In BURIAN (H.M.), JACOBSON (J.H.) : «Clinical electroretinography» (ISCERG), Pergamon Press Publ., New-York, 1966, 281 - 282.
- 17 - BABLOUZIAN (B.L.), NEURATH (P.W.), SAMENT (S.), WATSON (C.W.) - Detection of photogenic epilepsy in man by summation of evoked scalp potentials. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1969, 26, 93-95.
- 18 - BAILEY (P.), BONIN (G.) Von - The isocortex of man. (III. Monographs in the medical sciences. Vol. 6 - n° 1-2). Univ. of Illinois Press. Urbana Ill., 1951.
- 19 - BALEN (A.Th.V.) Van, DENIER VAN DER GON (J.J.), HELLEN DOORN (E.H.) - The differentiation between responses of foveal and extra foveal stimuli in the E.R.G. and E.E.G. in BURIAN (H.M.), JACOBSON (H.J.) - « Clinical electroretinography ». (ISCERG) Pergamon Press. Publ., New-York, 1965, 255-262.
- 20 - BALEN (A. Th. V.) Van, HENKES (H.E.) - Recording of the occipital lobe response in man after light stimulation. *Brit. J. Ophthal.*, 1960, 44, 449-460.
- 21 - BALEN (A.Th.V.) Van, HENKES (H.E.) - Attention and amblyopia. An electroencephalographic approach to an ophthalmological problem. *Brit. J. Ophthal.*, 1962, 46, 12-20.

- 22 - BANCAUD (J.), BLOCH (V.), PAILLARD (J.) - Contribution E.E.G. à l'étude des potentiels évoqués chez l'homme au niveau du vertex. *Rev. neurol.*, 1953, 89, 399-418.
- 23 - BARBER (A.N.) - *Embryology of the human eye*. Mosby Company Press. Publ, St Louis, 1955.
- 24 - BARLOW (J.) - An electronic method for detecting evoked responses of the brain and for reproducing their average waveforms. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1957, 9, 340-343.
- 25 - BARNET (A.B.), GOODWIN (R.S.) - Averaged evoked electroencephalographic responses to clicks in the human newborn. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1965, 18, 441-450.
- 26 - BARNET (A.B.), LODGE (A.), ARMINGTON (J.) - Electroretinogram in newborn human infants. *Science*, 1965, 148, 651-652.
- 27 - BARNET (A.B.), LODGE (A.) - Click evoked E.E.G. responses in normal and developmentally retarded infants. *Nature, Lond.*, 1967, 214, 252-255.
- 28 - BARTLEY (S.H.), BISHOP (G.H.) - The cortical response to stimulation of the optic cortex in the rabbit. *Amer. J. Physiol.*, 1933, 103, 159-172.
- 29 - BERGAMASCO (B.), BERGAMINI (L.), MONBELLI (A.M.), MUTANI (R.) - Longitudinal study of visual evoked potentials in subjects in post-traumatic coma. *Arch. Neurol. Psychiat.*, Chicago, 1966, 27, 1-10.
- 30 - BERGAMINI (L.), BERGAMASCO (B.), MONBELLI (A.M.), GANDIGLIO (G.) - Visual evoked potentials in subjects with congenital aniridia. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1965, 19, 394-397.
- 31 - BERGAMINI (L.), BERGAMASCO (B.), MONBELLI (A.M.) - Variations du potentiel évoqué chez l'homme provoquées par les modifications du diamètre pupillaire et de l'état d'activation corticale avec référence particulière aux phénomènes d'habituation, d'attention et de distraction. *J. Physiol.*, Paris, 1966, 58, 671-685.
- 32 - BERGAMINI (L.), BERGAMASCO (B.) - Cortical evoked potentials in man. Charles C. Thomas Publ., Springfield, Illinois, 1967.
- 33 - BERRY-BRAZELTON (T.), SCHOLL (M.L.), ROSBY (J.S.) - Visual responses in the newborn. *Pediatrics*, 1966, 37, 284-290.

- 34 - BESSIERE (Ed.), LE REBELLER (M.J.), ROUGIER-HOUSSIN (J.), VERIN (Ph.) - L'acuité visuelle en basse luminosité (acuité visuelle dynamique) en face du diagnostic et du traitement de l'amblyopie strabique. Arch. Ophtal., Paris, 1967, 27, 657-670.
- 35 - BISHOP (G.H.), CLARE (M.H.) - Site of origin of electric potentials in striate cortex. J. Neurophysiol., 1952, 15, 201-220.
- 36 - BISHOP (G.H.), CLARE (M.H.) - Sequence of events in optic cortex response to volleys of impulses in the radiation. J. Neurophysiol., 1953, 16, 418-437.
- 37 - BONAVENTURE (N.), GOSWAMY (S.), KARLI (P.) - Maturation des potentiels E.R.G. et évoqués visuels chez le lapin élevé dans des conditions naturelles d'éclairement ambiant. C.R. Soc. Biol., Paris, 1967, 161, 689-693.
- 38 - BRAZIER (M.A.B.) - The development of concepts relating to the electrical activity of the brain. J. nerv. ment. Dis., 1958, 126, 303-332.
- 39 - BRAZIER (M.A.B.) - Studies of evoked responses by flash in man and cat in JASPER (H.H.) « Reticular formation of the brain » Little Brown & C. Boston. Mass. Publ., 1958, 151-168.
- 40 - BRAZIER (M.A.B.) - A decade of development in the knowledge of brain mechanisms. J. nerv. ment. Dis., 1967, 144, 352-357.
- 41 - BREMER (F) - Cerebral and cerebellar potentials. Physiol. Rev., 1958, 38, 357-388.
- 42 - BREMER (F) - L'interprétation des Potentiels électriques de l'écorce cérébrale in TOWER (D.B.), SCHADE (J.P.) « Structure and function of the cerebral cortex ». Int. Meet. Neurobiol., Amsterdam, 1959.- Elsevier edit, Amsterdam, 1960, 173-191.
- 43 - BREMER (F), STOUPEL (N.) - Interprétation de la réponse de l'aire visuelle corticale à une volée d'influx sensoriels. Arch. int. Physiol., 1956, 64, 234-248.
- 44 - BROUWER (B.) - Projection of the retina in the cortex in man. Res. Publ. Ass. nerv. ment. Dis., 1934, 13, 528-534.
- 45 - BUCHSBAUM (M.), FEDIO (P.) - Visual information and evoked responses from the left and right hemispheres. Electroenceph. clin. Neurophysiol., 1969, 26, 266-272.
- 46 - CAJAL (S.R.) - Histologie du système nerveux de l'homme et des vertébrés. Talleres Graficos Montana Edit., Madrid, 1952.

- 47 - CALLAWAY (E.), BUCHSBAUM (M.) - Effects of cardiac and respiratory cycles on averaged visual evoked responses. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1965, 19, 476-480.
- 48 - CALVET (J.), CATHALA (H.), CONTAMIN (F.), HIRSCH (J.), SCHERRER (J.) - Potentiels évoqués occipitaux chez l'homme. Etude analytique. *Rev. neurol.*, 1956, 95, 445-454.
- 49 - CALVET (J.), CATHALA (H.), HIRSCH (J.), SCHERRER (J.) - Potentiel évoqué visuel chez l'homme étudié par une méthode d'intégration. *C.R. Soc. Biol., Paris*, 1956, 150, 1348-1355.
- 50 - CARELS (G.) - Facilitation et inhibition des réponses corticales visuelles chez l'homme. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1962, 14, 714-723.
- 51 - CHANG (H.T.) - Cortical response to stimulation of lateral geniculate body and the potentiation there of by continuous illumination of retina. *J. Neurophysiol.*, 1952, 15, 5-26.
- 52 - CHANG (H.T.), KAADA (B.) - An analysis of primary response of visual cortex to optic nerve stimulation in cats. *J. Neurophysiol.*, 1950, 13, 305-318.
- 53 - CHAU-HUU (D.) - Contribution à l'étude du Potentiel évoqué visuel chez l'homme. Thèse Médecine Marseille, 1965.
- 54 - CIGANEK (L.) - Potentiels corticaux chez l'homme évoqués par les stimuli photiques. *Rev. neurol.*, 1958, 99, 194-196.
- 55 - CIGANEK (L.) - The E.E.G. response (evoked potential) to light stimulus in man. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1961, 13, 165-172.
- 56 - CIGANEK (L.) - Contribution to the physiological characteristic of the auditory and visual evoked potentials in man. *Int. Cong. Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, Vienna, 1965, 323-325.
- 57 - CIGANEK (L.) - A comparative study of visual and auditory E.E.G. responses in man. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1965, 18, 625-629.
- 58 - CIGANEK (L.) - Some problems of measurements of the evoked potentials. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1966, 21, 28-33.
- 59 - COBB (W.A.) - On the form and latency of the man cortical response to illumination of the retina. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1950, 2, 1-104.

- 60 - COBB (W.A.), DAWSON (G.D.) - The latency and form in man of the occipital potentials evoked by bright flashes. J. Physiol., Lond., 1960, 152, 108-121.
- 61 - COHN (R.) - Some characteristics of the cortical potential fields of the optic chiasm sectioned cat. Electroenceph. clin. Neurophysiol., 1969, 26, 280-287.
- 62 - CONEL (J.L.) - The postnatal development of the human cerebral cortex. Vol. I. The cortex of the newborn. Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass., Edit., 1939.
- 63 - CONEL (J.L.) - The postnatal development of the human cerebral cortex. Vol. II. The cortex of the one month infant. Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass., Edit., 1941.
- 64 - CONEL (J.L.) - The postnatal development of the human cerebral cortex. Vol. III. The cortex of the three months infant. Harvard Univ. Press, Cambridge: Mass., Edit., 1947.
- 65 - CONEL (J.L.) - The postnatal development of the human cerebral cortex. Vol. IV. The cortex of the six months infant. Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass., Edit., 1951.
- 66 - CONEL (J.L.) - The postnatal development of the human cerebral cortex. Vol. V. The cortex of the fifteen months infant. Harvard Univ. Press, Cambridge. Mass., Edit., 1955.
- 67 - CONEL (J.L.) - The postnatal development of the human cerebral cortex. Vol. VI. The cortex of the twenty-four months infant. Harvard Univ. Press, Cambridge. Mass., Edit., 1959.
- 68 - CONREUR (L.), DANIS (P.), GILSON (M.), LAVERGNE (G.), MEUR (G.) - Physiopathologie de l'amblyopie fonctionnelle. Rapport Bull. Soc. Belge Ophthal., Imprimerie méd & Sci., Bruxelles, 1969, 151.
- 69 - CONTAMIN (F.), CATHALA (H.) - Réponse électrocorticale de l'homme normal éveillé à des éclairs lumineux. Résultats obtenus à partir d'enregistrements sur le cuir chevelu à l'aide d'un dispositif d'intégration. Electroenceph. clin. Neurophysiol., 1961, 13, 674-694.
- 70 - COPENHAVER (R.M.), BEINHOCKER (G.D.) - Evoked occipital potentials recorded from scalp electrodes in response to focal visual illumination. Invest. Ophthalm., 1963, 2, 393-406.

- 71 - COPENHAVER (R.M.), PERRY (N.W.) - Factors affecting visually evoked cortical potentials such as impaired vision of varying etiology. *Invest. Ophthalm.*, 1964, 3, 665-673.
- 72 - CORLETT (F.), GENTILOMO (A.), GIANNOTTI (G.), ROSADINI (G.), ROSSI (G.F.), ZATTONI (J.) - Studio comparativo dell' attività elettroencefalografica « spontanea » e « evocata » da singoli stimoli visivi durante il coma da elettroshock. *Riv. neurol.*, 1966, 36, 327-332.
- 73 - CORLETT (F.), GENTILOMO (A.), ROSADINI (G.), ROSSI (G.F.), ZATTONI (J.) - Correlations entre niveau de conscience E.E.G. et potentiels évoqués chez l'homme. *Rev. neurol.*, 1966, 115, 5 - 14.
- 74 - CORRIOL (J.), KAPHAN (G.), CHAU-HUU (D.) - Les potentiels évoqués visuels obtenus par sommation chez l'homme. Essai de nomenclature. *Int. Cong. Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1967, 22, 378-380.
- 75 - CORSSSEN (G.), DOMINO (E.F.) - Visually evoked responses in man : a method for measuring cerebral effects of preanesthetic medication. *Anesthesiology*, 1964, 25, 330-341.
- 76 - CRAGG (B.G.), THOMAS (P.K.) - The relationship between conduction velocity and the diameter and internodal length of peripheral nerve fibres. *J. Physiol., Lond.*, 1957, 136, 606-614.
- 77 - CRIGHEL (E.), BOTEZ (M.I.) - Photic evoked potentials in man in lesions of the occipital lobes. Comments on some electrographic phenomena pointing to the existence of a vicarious function. *Brain*, 1966, 89, 311-315.
- 78 - CROSBY (E.C.) - Anatomie du lobe occipital et anatomie comparée des voies visuelles in ALAJOUANINE (Th.) « Les grandes activités du lobe occipital », Masson & Cie Edit., Paris, 1960.
- 79 - DAWSON (G.D.A.) - A summation technique for the detection of small evoked potentials. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1954, 6, 65-84.
- 80 - DEJEAN (G.), HERVOUET (F.), LEPLAT (G.) - Embryologie de l'oeil et sa tératologie. *Rapport Soc. franç. Ophtal.*, Masson & Cie. Edit., Paris, 1958.
- 81 - DELHAYE-BOUCHAUD (N.) - Evaluation des réponses évoquées cérébelleuses somatiques et visuelles chez le jeune lapin. *J. Physiol.*, Paris, 1965, 57, 597.

- 82 - DELHAYE-BOUCHAUD (N.), LAGET (P.) - Maturation des réponses évoquées cérébelleuses somatiques et visuelles au cours du développement chez le jeune lapin. C.R. Soc. Biol., Paris, 1965, 159, 1327-1331.
- 83 - DONCHIN (E.), COCHEN (L.) - Averaged evoked potentials and intra-modality selective attention. Electroenceph. clin. neurophysiol., 1967, 22, 537-546.
- 84 - DONCHIN (E.), LINDSLEY (D.B.) - Visually evoked response correlates of perceptual masking and enhancement. Electroenceph. clin. Neurophysiol., 1965, 19, 325-335.
- 85 - DONCHIN (E.), LINDSLEY (D.B.) - Average evoked potentials and reaction times to visual stimuli. Electroenceph. clin. Neurophysiol., 1966, 20, 217 - 223.
- 86 - DREYFUS - BRISAC (C.), BLANC (C.) - Electroencéphalogramme et maturation cérébrale. Encéphale, 1956, 45, 205-241.
- 87 - DREYFUS - BRISAC (C.), MONOD (N.) - Aspect évolutif de l'électrogénèse cérébrale chez l'enfant. Trans. 1er Cong. Européen Pédiopsychiat., 1960, 39-51.
- 88 - DREYFUS - BRISAC (C.), SAMSON - DOLLFUS (D.), MONOD (N.) - L'électroencéphalogramme de l'enfant normal de moins de 3 ans. Etud. néo-natal, 1958, 7, 143-175.
- 89 - DUBOULOZ (P.), KAPHAN (G.), CORRIOL (J.), CHAU-HUU (D.) - Nouvelles données sur une loi paraissant régir la chronologie des potentiels évoqués. Rev. neurol., 1966, 115, 99.
- 90 - DUFFY (F.H.), ROBB (R.M.), LOMBROSO (C.T.) - Visual evoked response to plain and patterned light in amblyopia ex anopsia. Electroenceph. clin. Neurophysiol., 1967, 23, 492.
- 91 - DUKE-ELDER (S.) - System of Ophtalmology. Vol. X. Diseases of the retine. Henry Kimpton Edit., London, 1967. (maladie de Stargardt p. 637).
- 92 - DUKE-ELDER (S.) - System of Ophtalmology. Vol. IV. The physiology of the eye and of vision. Henry Kimpton Edit., London, 1968.
- 93 - DUKE-ELDER (S.), COOK (Ch.) - System of Ophthalmology. Vol. III. Normal and abnormal development. Part 1. Embryology. Henry Kimpton Edit., London, 1963.
- 94 - DUKE-ELDER (S.), WYBAR (K.C.) - System of ophthalmology. Vol. II. The anatomy of visual system. Henry Kimpton Edit., London, 1961.

- 95 - DUSTMAN (R.E.), BECK (E.C.) - The visually evoked potentials in twins. *Electroenceph.clin.Neurophysiol.*, 1965 , 19 , 570-575.
- 96 - DUSTMAN (R.E.), BECK (E.C.) - Visually evoked potentials : amplitude changes with age. *Science*, 1966, 151, 1013-1014.
- 97 - DUSTMAN (R.E.), BECK (E.C.) - The effects of maturation and aging on the wave form of visually evoked potentials. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1969 , 26 , 2-11.
- 98 - EASON (R.G.), ODEN (D.), WHITE (C.T.) - Visually evoked cortical potentials and reaction time in relation to site of retinal stimulation. *Electroenceph. clin., Neurophysiol.*, 1967 , 22, 313 - 314.
- 99 - EBE (M.), MIKAMI (T.), AKI (M.), MIYAZAKI (M.) - Electrical responses evoked by photic stimulation in human cerebral cortex. *Tohoku J. exp. Med.*, 1962 , 77 , 352-366.
- 100 - EBE (E.), MIKAMI (T.) - Cortical evoked potentials due to photic stimulation during sleep in man. *Tohoku J. exp. Med.*, 1962 , 77, 383-389.
- 101 - EBE (M.), MIKAMI (T.), ITO (H.) - Clinical evaluation of electrical responses of retina and visual cortex to photic stimulation in ophtalmic diseases. *Tohoku J. exp. Med.*, 1964 , 84 , 92 - 103.
- 102 - EBE (M.), MIKAMI (T.), ITO (H.), AKI (M.), MIYAZAKI (M.) - Photically evoked potentials (PEPS) in brain disorders. *Tohoku J. exp. Med.*, 1963 , 80, 323-328.
- 103 - ECONOMO (C.V.) Von, KOSKINAS (G.N.) - *Die Cytoarchitektur tonik der Hirnrinde des erwachsenen Menschen*. Julius Springer, Verlag, Berlin, 1925.
- 104 - ELLINGSON (R.J.) - Electroencephalograms of normal full-term newborns immediatly after birth with observations on arousal and visual evoked responses. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1958 , 10 , 31-50.
- 105 - ELLINGSON (R.J.) - Cortical electrical responses to visual stimulation in the human infant. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1960 , 12 , 663-677.
- 106 - ELLINGSON (R.J.) - Cerebral electrical responses to auditory and visual stimuli in the infant (human and subhuman studies) in

KELLAWAY (P.) PETERSEN (I.) «Neurological and electroencephalographic correlative studies in infancy ». Grune and Stratton Publ. New-York, 1964, 78, 114.

- 107 - ELLINGSON (R.J.) - The study of brain electrical activity in infant. Advances in Child development and behavior. Acad. Press, Publ., New-York, 1963, Vol. III, 53 - 97.
- 108 - ELLINGSON (R.J.), WILCOTT (R.C.) - Development of evoked responses in visual and auditory cortices of kittens. J. Neurophysiol., 1960, 23, 363-375.
- 109 - ENGEL (R.) - Maturational changes and abnormalities in the newborn electroencephalogram. Develop. Med. & child Neurol. - 1965, 7, 498-506.
- 110 - ENGEL (R.), BUTLER (B.V.) - Appraisal of conceptual age of newborn infants by electroencephalographic methods. J. Pediat., 1963, 63, 386-393.
- 111 - ESENTE (I.) - Physiologie de la vision chez le prématuré et le nourrisson normal. G. Doin Edit., Paris, 1958.
- 112 - FAIDHERBE (J.) - Essai sur les nouvelles méthodes d'étude des potentiels électroencephalographiques évoqués par la stimulation lumineuse intermittente - Thèse Sciences Marseille, 1963.
- 113 - FAURE (J.M.A.), ROZIER (J.), BENSCH (Cl.), VINCENT (J.D.) CORCELLE (L.), PORTMANN (M.) - Potentiels associatifs évoqués par des stimulations combinées auditives et visuelles chez l'enfant amblyope fonctionnel strabique et chez l'enfant dyslexique. Rev. neurol., 1968, 118, 503-512.
- 114 - FERRISS (G.S.), DAVIS (G.D.), DORSEN (M. McF.), HACKETT (E.R.) - Changes in latency and form of the photically induced average evoked response in human infants. Electroenceph. clin. Neurophysiol., 1967, 22, 305-312.
- 115 - FILIMONOV (I.N.) - Formations allocorticales et péri-allocorticales de l'homme et leur ontogenèse. Contribution de l'institut du cerveau (en Russe). Publication de l'institut du cerveau de Moscou. U.R.S.S., 1938, 15 - 100.
- 116 - FISHMAN (R.S.) - The visual-evoked cortical response in night blindness. Amer. J. Ophthal., 1966, 62, 1166-1170.
- 117 - FLECHSIG (P.) - Anatomie des menschlichen Gehirns und Rückenmarks auf myelogenetischer Grundlage. 1 er Bd. Georg. Thieme, Leipzig, 1920.

- 118 - FOGARTY (T.P.), REUBEN (R.N.) - Light-evoked cortical and retinal responses in premature infants. Arch. Ophthal., Chicago, 1969 , 81 , 454-459.
- 119 - FONTAINE (M.), ARON (J.J.), PERDRIEL (G.), ROUSSELIE (F.) - Les cécités de l'enfance. Rapport Soc. franç. Ophtal., 1969. Masson & Cie Edit., Paris, 1969.
- 120 - FOURMENT (A.), GRAMER (H.) - Réponses électrocorticales visuelles du lapin soumis durant son développement à une surstimulation lumineuse. Rev. neurol., 1961 , 105 , 196 - 197.
- 121 - FOX (M.W.) - Neuronal development and ontogeny of evoked potentials in auditory and visual cortex of the dog. Electroenceph. clin. Neurophysiol., 1968 , 24 , 213-266.
- 122 - FRANCOIS (J.), ROUCK (A.) DE - L'électro-rétinogramme normal des jeunes enfants. Ann. Oculist., Paris, 1963 , 196 , 570-583.
- 123 - GASTAUT (H.), BOSTEM (F.), WALTREGNY (A.), POIRE (E.), REGIS (H.) - Les activités électriques cérébrales spontanées et évoquées chez l'homme. Colloque Marseille 1964. Monographie physiologie causale. Gauthier Villars. Edit., Paris, 1967.
- 124 - GASTAUT (H.), FRANCK (G.), KROLIKOWSKA (W.), NAQUET (R.), REGIS (H.), ROGER (J.) - Etude des potentiels évoqués visuels chez des hémianopsiques présentant des crises épileptiques visuelles dans leur champ aveugle. Rev. neurol., 1963 , 108 , 316-322.
- 125 - GERIN (P.), MORGON (A.), RAVAUULT (M.P.), MAGNARD. Potentiels évoqués cérébraux et exploration fonctionnelle du système nerveux. Cah. med. Lyon., 1968 , 44 , 2187-2191.
- 126 - GERIN (P.), RAVAUULT (M.P.), DAVID (C.), MUNIER (F.), PARMELAN (D.) - Potentiels évoqués moyens occipitaux et lésions du nerf optique. J. Med. Lyon., 1966 , 47 , 1725-1748.
- 127 - GESELL (A.) - The embryology of behaviour. Harper Publ., New-York, 1945.
- 128 - GESELL (A.) - Developmental Diagnosis. Harper Publ., New-York, 1945.
- 129 - GOODMAN (G.), RIPPS (H.), SIEGEL (I.) - Electroretinography in infants and children. In APT L. : « Diagnostic procedures in pediatric ophthalmology », Little and Brown Publ., Boston, 1963 , 81 , 106.

- 130 - GOSWAMY (S.), BONAVENTURE (N.), KARLI (P.) - Maturation des potentiels évoqués visuels chez le lapin élevé dans différentes conditions d'éclairement ambiant. C.R. Soc. Biol., Paris, 1967 , 161 , 921-925.
- 131 - GRADER (J.), HELLER (G.L.) - Photic stimulation and the E.E.G. in macular disease. Arch. Ophthal., Chicago, 1964 , 72 , 763-768.
- 132 - GRAFSTEIN (B.) - Postnatal development of the trans-callosal-evoked response in the cerebral cortex of the cat. J. Neurophysiol., 1963 , 26 , 79-99.
- 133 - GROSS (E.G.), VAUGHAN (Jr. H.G.), VALENSTEIN (E.) - Inhibition of visual evoked responses to patterned stimuli during voluntary eye movements. Electroenceph. Clin. Neurophysiol., 1967 , 22 , 204-209.
- 134 - GRUNER (J.E.), ZAHND (J.P.) - Sur la maturation synaptique dans le cortex visuel du lapin in MINKOWSKI (A.) « Regional development of the brain in early life ». Blackwell sci. Publ., Oxford , 1967 , 125-130.
- 135 - GUIBAL (M.), LAIRY (G.C.) - Données préliminaires concernant l'étude de l'onde d'expectative chez l'enfant déficient visuel. Rev. neurol., 1967 , 117 , 217.
- 136 - GUILBAUD (G.), ROSENBLITH (W.) - Evolution chez l'homme normal au cours des différents stades de sommeil, des activités évoquées au vertex par diverses stimulations sensorielles. J. Physiol. , 1965 , 57 , 249-250.
- 137 - HADER (M.), SPONG (P.), LINDSLEY (D.B.) - Attention, vigilance and cortical evoked potentials in humans. Science , 1964 , 45 , 180-182.
- 138 - HENKES (H.E.) - The diagnostic importance of occipito-cortical responses to light stimuli (Visual evoked responses). Wien-klin. Wschr. , 1966 , 78 , 413-416.
- 139 - HERZ (A.), NIEDER (I.), FRALING (F.), SOMMER-SMITH (J.) - Corticale und sub-corticale Reaktions-Potentials nach sensorischer Reizung bei der wachen und schlafenden Katze. Exp. Brain. Res. , 1966 , 1 , 249-264.
- 140 - HIROSE (T.), JACOBSON (H.J.) - Combined recording of the electroretinogram (ERG) and visual evoked occipital response (V.E.R.) in lesions of the visual pathways. In SCHMÖGER (E.) « Advances in electrophysiology and pathology of the visual system » (ISCERG) VEB Georg Thieme , Verlag, Leipzig, 1968 , 125-138.

- 141 - HIRSCH (J.), PERTUISET (B.), CALVET (J.), BUISSON-FEREY (J.), FISCHGOLD (H.), SCHERRER (J.) - Etude des réponses électrocorticales obtenues chez l'homme par des stimulations somesthésiques et visuelles. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1961, 13, 411-424.
- 142 - HODGKIN (A.L.) - A note on conduction velocity. *J. Physiol., Lond.*, 1954, 125, 221-224.
- 143 - HRBEK (A.), MARES (P.) - Cortical evoked responses to visual stimulation in fullterm and premature newborns. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1964, 16, 575-581.
- 144 - HRBEK (A.), MARES (P.) - Development of the visual system in mature and premature infants (en Tchèque) *Rev. czech. Med.*, 1965, 11, 81-90.
- 145 - HRBEK (A.), VITOVA (Z.), MARES (P.) - Optic evoked potentials in children using different stimulation frequencies. *Physiol., Bohem.*, 1966, 15, 201-204.
- 146 - HRBEK (A.), VITOVA (Z.), MARES (P.) - The development of cortical evoked responses to visual stimulation during childhood. *Acta. Nerv. Suppl.*, 1966, 8, 39-46.
- 147 - HUBEL (D.H.), WIESEL (T.N.) - Receptive field studies in the visual system of newborn and monocularly deprived kittens. *Acta psychol.*, 1964, 23, 304-306.
- 148 - HUNT (W.E.), GOLDRING (S.) - Maturation of evoked response of the visual cortex in the postnatal rabbit. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1951, 3, 465-471.
- 149 - HURSH (J.B.) - Conduction velocity and diameter of nerve fibers. *Amer. J. Physiol.*, 1939, 127, 131-139.
- 150 - INOUE (J.) - Visual evoked potentials by monocular and binocular double flashes in NAKAJIMA (A.) « Retinal degenerations E.R.G. and optic pathways » (ISCERG). *Depart. Ophthal. School Med. Univ., Publ., Tokyo*, 1966, 362-368.
- 151 - JACOBSON (J.H.), HIROSE (T.) - ERG and VER of children with poor vision. *Trans. amer. Acad. Ophthal. Otolaryng.*, 1969, 73, 691-704.
- 152 - JACOBSON (J.H.), STEPHENS (G.), SUSUKI (T.) - Computer analysis of the E.R.G. *Acta Ophthal. (Kbh)*, 1962, 40, 313-319.

- 153 - JAYLE (G.E.), BOYER (R.L.), CAMO (R.) - L'électrorétinographie dynamique en ophtalmologie. Masson & Cie Edit., Paris, 1959.
- 154 - JAYLE (G.E.), BOYER (R.L.), SARACCO (J.B.) - L'électrorétinographie. Bases physiologiques et données cliniques. Rapport Soc. Franç. Ophtal. Paris 12 mai 1966 - Masson & Cie Edit., Paris, 1965.
- 155 - JAYLE (G.E.), TASSY (A.F.) - Enregistrement des potentiels oscillatoires normaux des E.R.G. pathologiques dits éteints et des potentiels évoqués visuels normaux par la méthode de sommation (CAT 400 B). Deuxième Symp. Mnemotron. Paris, 1964.
- 156 - JAYLE (E.G.), TASSY (A.) - Electrorétinographie. Electro-oculographie. Potentiels évoqués visuels occipitaux. Arch. Ophtal. Paris, 1967, 27, 421-437.
- 157 - JOHN (E.R.), HERRINGTON (R.N.), SUTTON (S.) - Effects of visual form on the evoked response. Science., 1967, 155, 1439 - 1442.
- 158 - JONKMAN (E.J.) - The average cortical response to photic stimulation. A study in normal subjects and neurological patients. Thèse Médecine Amsterdam, 1967.
- 159 - JOUVET (M.), COURJON (J.) - Variations des réponses visuelles sous-corticales au cours de l'attention chez l'homme. Rev. neurol., 1958, 99, 177-178.
- 160 - KAES (J.) - Die Grosshirninde des Menschen in ihren Massen und in ihren Fasergehalt. Giestar. Fischer Ed., Jena, 1907.
- 161 - KAPHAN (G.) - Contribution à l'étude des potentiels évoqués visuels chez l'homme après stimulation par flash électronique. Thèse Médecine Marseille, 1962.
- 162 - KAPHAN (G.) - Etude des potentiels évoqués visuels au moyen d'un nouveau dispositif intégrateur. C.R. Soc. Biol., Paris, 1963, 157, 1779-1783.
- 163 - KAPHAN (G.), CORRIOL (J.), CHAU-HUU (D.) - Comparaison des potentiels évoqués visuels obtenus chez l'homme au moyen de diverses méthodes de sommation et dans différentes dérivations. C.R. Soc. Biol., Paris, 1964, 158, 1894-1898.
- 164 - KASSABGUI (E.), CADILHAC (J.), PASSOUANT (P.) - Etude des réponses évoquées visuelles à l'état de veille et au cours du sommeil chez l'enfant. Rev. neurol., 1966, 115, 84-88.

- 165 - KASSABGUI (M.), CADILHAC (J.), PASSOUANT (P.) - Etude des réponses évoquées visuelles en cours de sommeil avec mouvements oculaires chez le jeune enfant. C.R. Soc. Biol., Paris, 1966, 160, 162-165.
- 166 - KATZMAN (R.) - The validity of the visually evoked response in man. Ann. N. Y. Acad. Sci. , 1964 , 112 , 238-240.
- 167 - KEENEY (A.H.) - Chronology of ophthalmic development. Charles C. Thomas Publ., London, 1951.
- 168 - KEENEY (A.H.) - Embryology in SORSBY (A.) - Systematic ophthalmology. Butterworths Publ., London, 1963 , 1 , 167-182.
- 169 - KESTENBAUM (A.) - Visual functions in infants. Amer. J. Ophthal., 1948 , 31 , 94-95.
- 170 - KITAJIMA (H.) - On the cerebral evoked response in man as a function of the intensity of flicker stimulation. Electroenceph. clin. Neurophysiol. , 1967 , 22 , 325-336.
- 171 - KNOX (D.L.) - Examination of the cortically blind infant. Amer. J. Ophthal. , 1964 , 58 , 617-621.
- 172 - KOOI (K.A.) - BAGGHI (B.K.) - Observations on early components of the visual evoked response and occipital rhythms. Electroenceph. clin. Neurophysiol. , 1964 , 17 , 638-643.
- 173 - KOOI (K.A.), BAGGHI (B.K.), JORDAN (R.N.) - Observations on photically evoked occipital and vertex waves during sleep in man. Ann. N. Y. Acad. Sci. , 1964 , 112 , 270-280.
- 174 - KOOI (K.A.), GUVENER (A.M.), BAGGHI (B.K.) - Visual evoked responses in lesions of the higher optic pathways. Neurology 1965 , 15 , 841-854. Analyse in Amer. J. Ophthal., 1967 , 64 , 358.
- 175 - KOOI (K.A.), SHARBROUGH (F.W.) - Electrophysiological findings in cortical blindness. Report of a case. Electroenceph. clin. Neurophysiol. , 1966 , 20 , 260-263.
- 176 - LAGET (P.), BEAUVAIS (P.) - Intérêt de l'étude des potentiels évoqués cérébraux en pédiatrie. Journées parisiennes Pédiatrie - 18-19 Octobre 1969. Editions médicales Flammarion, Paris, 143-159.
- 177 - LAGET (P.), DELHAYE (N.) - Etude du développement néonatal de diverses activités électriques corticales chez le lapin. Actualités neuro-Physiol., 1962 , 4 , 259-284.
- 178 - LAIRY (G.C.), REMOND (A.), LESEVRE (N.), RIEGER (N.) - Introduction à l'étude E.E.G. des fonctions visuo-motrices chez l'enfant. Rev. neurol. , 1966 , 115 , 15-59.

- 179 - LANGWORTHY (O.R.) - Development of behaviour patterns and myelinization of tracts in the nervous system. Arch. Neurol. Psychiat., Chicago , 1932 , 28 , 1365-1382.
- 180 - LAUE (H.) - Zur Technik der Messung der retino-corticalen Zeit beim Kaninchen. Graefes. Arch. Ophthal. , 1958 , 160 , 171-180.
- 181 - LAW (F.) - The problem of the visually defective infant. Trans. ophthal. Soc. U. K. , 1960 , 80 , 3-12.
- 182 - LEHMANN (D.), FENDER (D.H.) - Monocularly evoked electroencephalogram potentials. Influence of target structure presented to the other eye. Nature, Lond. , 1967 , 215 , 204-205.
- 183 - LEHMANN (D.), KAVANAGH (R.N.), FENDER (D.H.) - Field studies of averaged visually evoked E.E.G. potentials in a patient with a split chiasm. Electroenceph. clin. Neurophysiol., 1969, 29 , 193-199.
- 184 - LIENHARD (C.) - Etude de la réponse évoquée visuelle en fonction de l'âge chez l'homme. Thèse Sciences Marseille, 1964.
- 185 - LILLE (F.), BORLONE (M.), LERIQUE (A.), SCHERRER (J.), THIEFFRY (S.) - Evaluation de la profondeur du coma chez l'enfant par la technique des potentiels évoqués. Rev. neurol., 1967 , 117 , 216-217.
- 186 - LILLE (F.), LERIQUE (A.), POTTIER (M.), SCHERRER (J.), THIEFFRY (S.) - Les réponses évoquées corticales au cours du coma chez l'enfant. Presse méd. , 1968 , 76 , 1411-1414.
- 187 - LILLE (F.), POTTIER (M.), SCHERRER (J.) - Influence chez l'homme des niveaux d'activité mentale sur les potentiels évoqués Rev. neurol. , 1968 , 118 , 476-480.
- 188 - LODS (F.) - Les cécités apparentes du nourrisson. Thèse Médecine Paris, 1962.
- 189 - LYAGOUBI-ELOUAHCHI (S.) - Les potentiels cérébraux évoqués chez l'homme par des stimuli lumineux, somesthésiques et auditifs. Etude topographique. Thèse Médecine Marseille, 1967.
- 190 - MAC KEITH (R.) - The baby who may be blind. Trans. ophtal. Soc. U. K. , 1960 , 80 , 13-24.
- 191 - MADSEN (A.), LENNOX (M.A.) - Response to coloured light flash from different areas of optic cortex and from retina in anesthetized cat. J. Neurophysiol. , 1955 , 18 , 574-582.

- 192 - MAFFEI (L.), RIZOLATTI (G.) - L'influence du sommeil et de la veille sur les réponses unitaires du corps genouillé latéral aux éclairs lumineux. *Rev. neurol.*, 1966 , 115 , 88-90.
- 193 - MAGITOT (A.) - L'apparition précoce du réflexe photo-moteur au cours du développement foetal. *Ann. Oculist.*, Paris , 1909 , 141 , 161-181.
- 194 - MANIL (J.), DESMEDT (J.E.), DEBECKER (J.), CHORAZYNA (H.) - Les potentiels cérébraux évoqués par la stimulation de la main chez le nouveau-né normal. *Rev. neurol.* , 1967 , 117 , 53-61.
- 195 - MANN (I.) - The Development of the human eye. *Brit. med. Ass. Edit.*, London,1949.
- 196 - MARTY (R.) - Developpement postnatal des réponses sensorielles du cortex cérébral chez le chat et le lapin. Thèse Sciences, Paris, 1962.
- 197 - MARTY (R.), CHEVREAU (J.) - Latence des réponses visuelles corticales et développement des voies optiques chez le chat. *J. Physiol.*, Paris , 1961 , 53 , 424-425.
- 198 - MARTY (R.), CHEVREAU (J.) - Maturation des réponses visuelles et édification du neuropile cortical. *C. R. Soc. Biol. Paris*,1961 , 155 , 705-707.
- 199 - MARTY (R.), CONTAMIN (F.), SCHERRER (J.) - La double réponse électrocorticale à la stimulation lumineuse chez le chat nouveau-né. *C. R. Soc. Biol.*, Paris,1959 , 153 , 198-201.
- 200 - MARTY (R.), SCHERRER (J.) - Critères de maturation des systèmes afférents corticaux: in PURPURA (D.P.), SHADE (J.P.), « Growth and maturation of the brain ». Elsevier publishing Company, New-York , 1964 , 4 , 222-236.
- 201 - MATSANIOTIS (N.), BAROUTSOU (E.), GEORGAS (D.), IONNIDIS (T.H.) - Phénomène digito-oculaire. *Arch. franç. Pédiât.* , 1967 , 24 , 463-468.
- 202 - MONNIER (M.) - Mesure du temps rétino-cortical à partir des potentiels corticaux évoqués par stimulation lumineuse chez l'homme. *Helv. physiol. pharmacol. Acta.* , 1948 , 6 , C61-C62.
- 203 - MONNIER (M.) - Electrophysiologie de l'oeil. *Progr. Ophtal.*, Bâle, 1953 , 2 , 35-70.
- 204 - MONNIER (M.) - Le centre visuel cortical et l'organisation des perceptions visuelles. *Probl. act. Ophtal.*, Bâle,1957 , 1 , 277-301.

- 205 - MONNIER (M.) - La réponse corticale chez l'animal et chez l'homme. Analyse de la vision colorée in « E.R.G. et champ visuel ». Imprimerie France - Quercy - Auvergne -, Clermont-Ferrand, 1962 , 271-285.
- 206 - MONNIER (M.), BERGER (G.P.) Von - Analyse des ripostes électriques du centre visuel cortical à la simulation lumineuse chez l'homme. *Ophthalmologica*, Basel , 1953 , 126 , 15-34.
- 207 - MONNIER (M.), DIETERLE (P.) - Le temps rétinocortical chez l'homme. Application en pathologie des voies optiques. *Bull. Schweiz. Akad. med. Wiss.* , 1954 , 10 , 113-123.
- 208 - MONNIER (M.), GANGLIOFF (H.)- Atlas for stereotaxic brain research on the conscious rabbit. Elsevier. Publ., Amsterdam.
- 209 - MONNIER (M.), HOESLI (L.) - Activity of the visual pathways and analysed by measurements of retinal cortical latencies in NAKAJIMA (A.) « Retinal degenerations E.R.G. and optic pathways » (ISERG) Department of Ophthal. School of Medicine Tokyo, 1956 , 355-361.
- 210 - MONNIER (M.), JEANNERET (R.L.) - Contrôle objectif de la conductibilité des voies optiques centrales par l'électro-rétinographie et l'électroencéphalographie combinées. *Ophthalmologica*, Basel, 1947 , 113 , 1-11.
- 211 - MONNIER (M.), ROZIER (J.) - Réponses rétinienne et potentiels corticaux évoqués par stimulation chromatique chez l'homme. *J. Physiol. Paris*, 1967 , 59 , 269-270.
- 212 - MONNIER (M.), ROZIER (J.) - Relations entre les potentiels corticaux évoqués On-Off et les réponses rétinienne aux stimuli chromatiques chez l'homme. *Helv. physiol. pharmacol., Acta* , 1967 , 25 , 207-209.
- 213 - MONNIER (M.), ROZIER (J.), FAURE (J.), BENSCH (C.) - Activités évoquées rétinienne et corticales chez le lapin (variations selon la stimulation chromatique et la période de l'année). *J. Physiol., Paris*, 1968 , 60, suppl., 278-279.
- 214 - MONNIER (M.), SCHWARZ (A.), JORDAN (P.) - Spectral sensitivity of retina and visual cortex in the rabbit: *Vision Res.* 1962 , 2 , 189-200.
- 215 - MONNIER (M.), VATTER (O.), HOESLI (L.) - Action of colour flicker stimuli on the electrical responses of retina and optic cortex in man. *Docum. ophthal., Den Haag*, 1964 , 18 , 207-220.

- 216 - MORREL (L.K.), MORREL (F.) - Evoked potentials and reaction times : a study of intra-individual variability. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1966 , 20 , 567-575.
- 217 - MÜLLER (W.) - Die corticale Antwort bei ausgelöschtem Elektretinogramm. *Graefes. Arch. Ophthal.* , 1963 , 166 , 383-386.
- 218 - MÜLLER (W.) - Correlation between VER and ERG with particular consideration of the clinical aspects. in SCHMOGER (E.) « Advances in electrophysiology and pathology of the visual system » (ISERG) Veb. Georg Thieme, Leipzig, 1968 , 89-99.
- 219 - NAWRATZKI (K.), AUERBACH (E.), ROWE (H.) - Amblyopia ex anopsia. The electrical response in retina and occipital cortex following photic stimulation of normal and amblyopic eyes. *Amer. J. Ophthal.*, 1966 , 61 , 430-435.
- 220 - NAWRATZKI (I.), LANDAU (L.), AUERBACH (E.) - Belated visual maturation in a mentally retarded child. *J. ped. Ophthal.*, 1969 , 6 , 39-41.
- 221 - OHBA (N.) - Visual evoked responses in man by localized retinal stimulation. *Jap. J. Ophthal.*, 1967 , 11 , 211-226.
- 222 - PALESTINI (M.), PISANO (M.), ROSADINI (G.), ROSSI (G.F.) - Excitability cycle of the visual cortex during sleep and wakefulness. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1965 , 19 , 276-284.
- 223 - PAUFIQUE (L.), RAVAUULT (M.P.), SOURDILLE (Ph.) - A propos du syndrome de cécité apparente du nourrisson et du très jeune enfant. *Bull. Mem. Soc. franç. ophtal.*, 1966 , 79 , 253-265.
- 224 - PEARLMAN (A.L.) - Evoked potentials of rabbit visual cortex : relationship between slow negative potential and excitability cycle. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1963 , 15 , 426-434.
- 225 - PEIPER (A.) - Cerebral function in infancy and childhood. Joseph Wortis Publ., New-York, 1963.
- 226 - PERRY (N.W.), CHILDERS (D.G.) - Cortical potentials in normal and amblyopic binocular vision. in SCHMOGER (E.) « Advances in electrophysiology and pathology of the visual system » (ISERG) VEB Georg Thieme, Leipzig, 1968 , 151-161.
- 227 - PERRY (N.W.), CHILDERS (D.G.), DAWSON (W.W.), STEWART (H.L.) - Frequency analysis of photopic and scotopic components of the occipital evoked potentials. *Invest. Ophthal.*, 1967 , 6 , 214.

- 228 - PLANE (C.) - Potentiels évoqués visuels chez le sujet normal et dans les atteintes du nerf optique. Thèse Médecine Clermont-Ferrand , 1969.
- 229 - POTTS (A.M.), INOUE (J.) - Further studies on the electrically evoked response of the visual system (E.E.R.). Invest. ophthal., 1968 , 7 , 119.
- 230 - POTTS (A.M.), INOUE (J.), BUFFUM (D.) - The electrically evoked response of the visual system (E.E.R.). Invest. ophthal. 1968, 7 , 269-278.
- 231 - POTTS (A.M.), NAGAYA (T.) - Studies on the visual evoked response. The use of the 0,06 degree red target for evaluation of foveal function. Invest. ophthal.,1965 , 4 , 303-309.
- 232 - PURPURA (D.P.) - Developmental electrocortical physiology and E.E.G. Excerpta med. (Amst.). Int. Cong. ser. , 37 , 1961 , 28-29.
- 233 - PURPURA (D.), GRUNDFEST (H.) - Nature of dendritic potentials and synaptic mechanisms in cerebral cortex of cat. J. Neurophysiol.,1956 , 19 , 573.
- 234 - RABINOWICZ (Th.) - Techniques for the establishment of an atlas of the cerebral cortex of the premature in MINKOWSKI (A.) - « Regional development of the brain in early life ». Blackwell Sci. Publ.,Oxford , 1967 , 7 , 71-89.
- 235 - RAVAUULT (M.P.) - Intérêt des examens électrophysiologiques dans les cécités de l'enfant. J. med. Lyon , 1967 , n° 1132 , 1745-1754.
- 236 - RAVAUULT (M.P.) - Valeur fonctionnelle du nerf optique et potentiels évoqués moyens (P.E.M.) occipitaux. Bull. Soc. Ophtal. Fr., 1966 , 66 , 836-843.
- 237 - RAVAUULT (M.P.), GERIN (P.), DAVID (C.), MUNIER (F.) - Valeur fonctionnelle du nerf optique et potentiels évoqués moyens occipitaux : Arch. Ophtal. Paris,1966 , 26 , 641-660.
- 238 - REGIS (H.) - Notions complémentaires d'électrophysiologie des voies et du cortex optiques de l'homme. in JAYLE (G.E.), BOYER (R.I.), SARACCO (J.B.). « L'électrorétinographie. Bases physiologiques et données cliniques ». Masson & Cie Edit., Paris,1965 , 1129-1203.
- 239 - REMOND (A.), LESENE (N.) - Distribution topographique et potentiels évoqués visuels occipitaux chez l'homme normal. Rev. neurol., 1965 , 112 , 317-330.

- 240 - RENARD (G.), LEMASSON (C.), SARAUX (H.) - Anatomie de l'oeil et de ses annexes. Masson & Cie Edit., Paris, 1965.
- 241 - RIGAL (D.), RIGAL (J.P.), RAYNAUD (E.J.), GAULME (J.), WILLEMIN CLOG (L.) - Potentiel évoqué visuel. Etude de sa maturation chez le nourrisson - éventuelles applications physiopathologiques. Soc. Lyon. Pédiat., Avignon, 7 juin 1969.
- 242 - RODIN (E.A.), GRISELL (J.L.), GUDOBBA (R.D.), ZACHARY (G.) - Relationship of E.E.G. background rythms to photic evoked responses. Electroenceph. clin. Neurophysiol., 1965 , 19 , 301-304.
- 243 - ROUHER (F.), ALFIERI (R.), SOLE (P.) - Intérêt pratique des techniques de moyennage dans l'exploration électrorétinographique différentielle des systèmes photopique et scotopique. Bull. Soc. Ophtal. Fr., 1967 , 67 , 648-655.
- 244 - ROUHER (F.), SOLE (P.), ALFIERI (R.) - Le Pré-maturé a-t-il une vision photopique ? Bull. Soc. Ophtal. Fr., 1967 , 67 , 27-31.
- 245 - SAINT-ANNE DARGASSIES (S.) - Method for neurological examination of the newborn. Intern. Children's Center., 1954 , 3 , 101-110.
- 246 - SAMSON-DOLLFUS (D.) - Développement normal de l'électrorétinogramme de l'âge foetal de sept mois et demi jusqu'à l'âge de quatre mois après la naissance à terme. Bull. Soc. Ophtal. Fr., 68 , 4 , 423-431, 1968.
- 247 - SAMSON-DOLLFUS (D.), PLANIOL (T.), SAMSON (M.) - Etude électroclinique des réponses occipitales à des stimuli visuels au cours d'examen standard E.E.G. Premiers résultats. Rev. neurol., 1965 , 112 , 255-257.
- 248 - SARKISOV (S.A.) - The functional interpretation of certain morphological structures of cortex of the brain in the evolutionary aspect in TOWER (D.B.), SCHADE (J.P.) « Structure and function of cerebral cortex ». Elsevier Edit., Amsterdam, 1960.
- 249 - SCHIAVI (L.), ZANOCCO (G.) - Prime ricerca elettrofisiologica sul condizionamento degli strabici ambliopici. Bull. Soc. clin. , Modena, 1960 , 60 , 467-468.
- 250 - SCHMIDT (B.), STRAUB (N.) - Zur Differential diagnose disseminierter tapetoretinaler degeneration oder «Pseudo-retinitis pigmentosa ? Differential diagnostischer Beitrag. Klin. Mbl. Augenheilk., 1967 , 150 , 180-187.

- 251 - SCHMÖGER (E.), MÜLLER (W.) - E.R.G. und Kortikalzeit bei Amblyopie unter besonderer Berücksichtigung des Farbensinnes. Klin. Mbl. Augenheilk., 1965 , 147 , 130.
- 252 - SCHMÖGER (E.), MÜLLER (W.) - Das Elektretinogramm und die corticale ueberleitungszeit bei Schielamblyopen. Graefes. Arch. Ophthal. , 1965 , 167 , 299-306.
- 253 - SCHREINEMACHERS (H.P.) - Some specific findings in the V.E.R. and its use in the diagnosis of ophtalmological abnormalities. in SCHMÖGER (E.) : « Advances in electrophysiology and pathology of the visual system » (ISCERG) VEB Georg Thieme, Verlag, Leipzig, 1968 , 171-178.
- 254 - SCHREINEMACHERS (H.P.), HENKES (H.E.) - Relation between localized retinal stimuli and the visual evoked response in man. Ophthalmologia, Basel, 1968 , 155 , 17-27.
- 255 - SHIPLEY (T.), JONES (R.W.), FRY (A.) - Evoked visual potentials and human color vision. Science., 1965 , 150 , 1162-1164.
- 256 - SHIPLEY (T.), KNOX (D.L.) - Examination of cortically blind infant. Amer. J. Ophthal. , 1965 , 59 , 721.
- 257 - SMITH (J.L.) - Cortical blindness in congenital hydrocephalus in SMITH (J.L.) « Neuro-ophthalmology », C.V. Mosby C° Publ., St Louis, 1967 , 211-217.
- 258 - SMITH (J.L.), WALSH (T.J.), SHIPLEY (T.), - Cortical blindness in congenital hydrocephalus. Amer. J. Ophthal., 1966 , 62 , 251-257.
- 259 - SOLE (P.) - Electrorétinographie théorique. Thèse Médecine Clermont-Ferrand, 1965.
- 260 - SOLE (P.), ALFIERI (R.) - E.R.G. and functional amblyopia. In FRANCOIS (J.) « The clinical value of electroretinography » (ISCERG) S. Karger Edit., Basel, 1968 , 127-132.
- 261 - SOLE (P.), ALFIERI (R.), RIGAL (J.P.), PLANE (C.) - Intérêt pratique de l'étude des potentiels évoqués visuels. Bull. Soc. Ophthal. Fr., 1968 , 68 , 432-443.
- 262 - SPEKREIJSE (H.) - Analysis of E.E.G. responses in man evoked by sine ware modulated light. Junk Publ., The Hague, 1966.
- 263 - SPERRY (W.M.) - The biochemical maturation of the brain in KOLB (I.C.), MASLAND (R.L.), COOKE (R.E.) « Mental retardation » Res. Publ., Ass. nerv. ment. Dis. Williams & Wilkins company, Baltimore, 1962.

- 264 - SPONG (P.), HAIDER (M.), LINDSLEY (D.B.) - Selective attentiveness and cortical evoked responses to visual and auditory stimuli. *Science*, 1965, 148, 395-397.
- 265 - STERIADE (M.) - Physiologie des voies et des centres visuels. Masson & Cie Edit., Paris, 1969.
- 266 - STOFFT (P.) - Maturation visuelle et stimulation lumineuse intermittente sous contrôle électroencéphalographique au cours de la première année. Thèse Médecine Paris, 1960.
- 267 - STOFFT (P.) - Essai d'utilisation de la stimulation lumineuse intermittente pour l'appréciation du développement de la fonction visuelle chez le nourrisson. *Ann. Oculist.*, Paris, 1961, 194, 133-152.
- 268 - TANIGUCHI (M.) - Studies on the visual evoked response (VER) *Jap. J. Ophthal.*, 1967, 11, 36-51.
- 269 - TASSY (A.F.) - Utilisation de la méthode de sommation en électrophysiologie et électrodiagnostic ophtalmologique. Thèse Médecine Marseille, 1966.
- 270 - TEPAS (D.I.), ARMINGTON (J.C.) - Properties of evoked visual potential. *Vision Res.*, 1962, 2, 449-461.
- 271 - TURNER (O.A.) - Growth and development of the cerebral cortical pattern in man. *Arch. neurol. Psychiat.*, Chicago, 1948, 59, 1-13.
- 272 - TWEEL Van DER (L.H.) - Visual evoked responses in FRANCOIS (J.) « The clinical value of electroretinography » (ISCERG) S. Karger Edit. Basel, 1966, 83-94.
- 273 - UEMURA (Y.) - Studies on amblyopia. *Jap. J. Ophthal.*, 1965, 9, 12-22.
- 274 - VANZULLI (A.), WILSON (E.), GARCIA-AUSTT (E.) - Visual evoked responses in the newborn infant. *Acta neurol. latino Amer.*, 1964, 10, 129-136.
- 275 - VAUGHAN (H.G. Jr.), KATZMAN (R.), TAYLOR (J.) - Alterations of visual evoked response in the presence of homonymous visual defects. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1963, 15, 737-746.
- 276 - VAUGHAN (H.G. Jr.), KATZMAN (R.) - Evoked responses in visual disorders. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 1964, 112, 305-319.
- 277 - VINCENT (C.) - La vision chez le nourrisson et l'enfant. Thèse Médecine Paris, 1965.

- 278 - VOGT (C.) - Etude sur la myélinisation des hémisphères cérébraux. Steinheil. Thèse Médecine Paris, 1900.
- 279 - WALSH (T.J.), SMITH (L.J.), SHIPLEY (T.) - Blindness in infants. Amer. J. Ophthal., 1966, 62, 546-556.
- 280 - WALSH (T.J.), SMITH (L.J.), SHIPLEY (T.) - Neurologic blindness in infancy in SMITH (J.L.) « Neuro-ophthalmology » C.V. Mosby Cie, Publ., St Louis, 1967, 200-210.
- 281 - WEINMANN (H.), HEYDE (G.) - Zur Entwicklung der visuellen okzipitalen Reizantwort. Sixth Inter-Congr. of E.E.G. and Clin. Neurophysiol. Vienne E.E.G. E.M.G. communicationes, 1965, 381-383.
- 282 - WEINMANN (H.), CREUTZFELDT (O.), HEYDE (G.) - Die Entwicklung der visuellen Reizantwort bei Kindern. Arch. psychiat. Nervenkr., 1965, 207, 323-341.
- 283 - WEITZMAN (E.D.), GRAZIANI (L.J.), DUHAMEL (L.) - Relationship of E.E.G. background rhythms to photic evoked responses. Electroenceph. clin. Neurophysiol., 1965, 19, 301-304.
- 284 - WERRE (P.F.), SMITH (C.J.), BECK (E.C.) - Potentials evoked by flashes in normal individuals. Electroenceph. clin. Neurophysiol., 1962, 14, 140.
- 285 - WERRE (P.F.), SMITH (C.J.) - Variability of responses evoked by flashes in man. Electroenceph. clin. Neurophysiol., 1964, 17, 644-652.
- 286 - WHITE (C.), EASON (R.) - Evoked cortical potentials in relation to certain aspects of visual perception. Psychological monographies, 1966, 80, 632.
- 287 - WICKE (J.D.), DONCHIN (E.), LINDSLEY (D.G.) - Visual evoked potentials as a function of flash luminance and duration. Science, 1964, 146, 83-85.
- 288 - WIESEL (T.N.), HUBEL (D.N.) - Extent of recovery from the effects of visual deprivation in kittens. J. Neurophysiol., 1965, 28, 1060-1072.
- 289 - WILLIAMS (H.), TEPAS (D.), MORLOCK (H.) - Evoked responses to click and E.E.G. stages of sleep in man. Science, 1962, 138, 685-686.
- 290 - WINKELMAN (J.E.), HORSTEN (G.P.M.) - L'électrorétinogramme chez le nouveau-né. Bull. mém. Soc. franç. Ophthal., 1959, 72, 236-241.

- 291 - WINKELMAN (J.E.), HORSTEN (G.P.M.) - The E.R.G. of premature and full-term born infants during their first days of life. *Ophthalmologica*, Basel, 1962 , 143 , 92-101.
- 292 - WIOLAND (N.) - Les potentiels évoqués visuels. Considérations théoriques et applications pratiques en clinique ophtalmologique Thèse Médecine Strasbourg, 1968.
- 293 - YAKOVIEV (P.I.) - Morphological criteria of growth and maturation of the nervous system in man. in KOLB (L.C.), MASLAND (R.L.), COOKE (R.E.) « Mental retardation ». Res. Publ. Ass. nerv. ment. Dis. The Williams & Wilkins company, Publ., Baltimore, 1962.
- 294 - YOKOYAMA (M.) - VER studies in newborn babies (En japonais) *Jap. J. clin. Ophthal.*, 1967, 21 , 1002.
- 295 - YOKOYAMA (M.) - Visual evoked response (V.E.R.) in the newborn (En japonais). *Jap. J. clin. Ophthal.*, 1967 , 21 , 319-324.
- 296 - ZETTERSTRÖM (B.) - The Clinical Electroretinogram IV. The electroretinogram in children during the first year of life. *Acta Ophthal.*, 1951 , 29 , 295-304.
- 297 - ZETTERSTRÖM (B.) - Flicker electroretinography in newborn infants. *Acta Ophthal.*, 1955 , 33 , 157-166.
-

